

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-133413

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335
G02B 5/30

(21)Application number : 10-244178

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 28.08.1998

(72)Inventor : SHIMOSHIKIRIYOU BUNICHI
TERASHITA SHINICHI
KANZAKI SHUICHI

(30)Priority

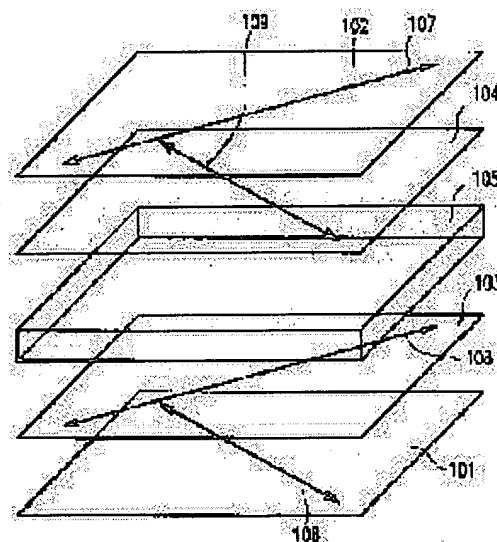
Priority number : 09235136 Priority date : 29.08.1997 Priority country : JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a view angle characteristic by making a value of local refractive index anisotropy in a plane parallel to a liquid crystal cell surface at a black displaying time smaller than that at a white displaying time, making a phase difference compensation element show the refractive index anisotropy and specifying refractive indexes in the directions along respective main axes of an orthogonal frame of reference.

SOLUTION: The phase difference compensation elements 103, 104 are provided between polarizing plates 101, 102 holding a liquid crystal cell 105 between them and arranged in orthogonal Nicol and the liquid crystal cell 105. Then, the value of the local refractive index anisotropy in the plane parallel to the liquid crystal cell 105 surface at the black displaying time is made smaller than that at the white displaying time. Further, the phase difference compensation elements 103, 104 show the refractive index anisotropy, and when the refractive indexes along respective main axes of the orthogonal frame of reference are defined $n_x > n_z$, and the main axis (z) is paralleled to the normal of the liquid crystal cell surface, and the main axes (x), (y) exist in the plane parallel to the liquid crystal cell surface, $n_z < (n_x + n_y)/2$, and $n_x > n_y$. Thus, the deterioration in the view angle characteristic due to deviation from absorption axes is prevented, and an axial symmetry characteristic is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The liquid crystal cell which has the liquid crystal layer pinched by the substrate of a couple, and the polarizing plate of a couple with which the crossed Nicol has been arranged while pinching this liquid crystal cell, If it has the phase contrast compensation element prepared at least in one side between the polarizing plate of this couple, and this liquid crystal cell and is in this liquid crystal layer While the direction at the time of a black display has the value of the local refractive-index anisotropy within a field parallel to this liquid crystal cell front face smaller than the time of a white display and the aforementioned phase contrast compensation element presents a refractive-index anisotropy When defining it as setting the refractive index of the direction in alignment with the main shaft x of a rectangular coordinate system XYZ, y, and the z-axis to n_x , n_y , and n_z , and the main shaft z being parallel to the normal on this front face of a liquid crystal cell, and a main shaft x and y having it in a field parallel to this liquid crystal cell front face, The liquid crystal display which are $n_z < (n_x + n_y)/2$ and $n_x > n_y$.

[Claim 2] The liquid crystal display according to claim 1 which has the 1st and 2nd phase contrast compensation elements between the polarizing plate of the aforementioned couple, and the aforementioned liquid crystal cell, respectively.

[Claim 3] It is the liquid crystal display according to claim 1 or 2 whose phase contrast compensation films of another side one side of the phase contrast compensation films of two sheets arranged on one side of the aforementioned liquid crystal cell by the aforementioned phase contrast compensation element consisting of a phase contrast compensation film of two sheets, respectively is $n_x = n_y$ and $n_z < n_x$, and are $n_y = n_z$ and $n_x > n_y$.

[Claim 4] the refractive-index anisotropy of the above 1st and the 2nd phase contrast compensation element -- abbreviation -- the same liquid crystal display according to claim 2 or 3

[Claim 5] Any of claims 2-4 in which each main shaft x of the above 1st and the 2nd phase contrast compensation element is carrying out the abbreviation rectangular cross mutually, or the liquid crystal display of a publication.

[Claim 6] A liquid crystal display given in any of claims 1-5 whose angle with the shaft with which each phase contrast compensation element and the main shaft x of the aforementioned phase contrast compensation element cross at right angles at the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors to accomplish is **45 degrees they are.

[Claim 7] The liquid crystal display in which the main shaft x of the aforementioned phase contrast compensation element carries out an abbreviation rectangular cross on the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors at each phase contrast compensation element.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a liquid crystal display. It is related with the liquid crystal display which has the wide-field-of-view angle property of being used suitable for the display which used flat-surface displays and the shutter effects, such as a personal computer, a word processor, an amusement device, and a TV apparatus, especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] The method for which a liquid crystal molecule is made to exercise in general in parallel to a substrate front face as the technique of wide-field-of-view cornification of a liquid crystal display, and movement of a liquid crystal molecule have the method which divides the orientation in one picture element into plurality to a substrate front face while it has been perpendicular. installation-performance-specification (In-Plane Switching) mode is mentioned as a former typical method. The wide-field-of-view angle liquid crystal display mode in which level orientation of the Np type liquid crystal (nematic-phase positive-type liquid crystal) was carried out to the shape of an axial symmetry as an example of the latter method (JP,7-120728,A), The wide-field-of-view angle liquid crystal display mode which carries out division orientation of the Nn type liquid crystal (nematic-phase negative-mold liquid crystal) which carried out perpendicular orientation by electric-field control at the time of operation (JP,7-28068,A), And the wide-field-of-view angle liquid crystal display mode which was indicated by AM-LCD'96 and p.185 (1996) and to which abbreviation quadrisection was carried out and level orientation of the Np type liquid crystal was carried out within the picture element is proposed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in the display mode which divides the orientation in the picture element which is the latter method, generally, as shown in drawing 22 and drawing 23, there was a problem that the angle-of-visibility property in the shaft orientations which bisect the absorption shaft 202 of an upper polarizing plate and the absorption shaft 203 of a lower polarizing plate which were established on both sides of the liquid crystal cell 201 became remarkably bad as compared with the angle-of-visibility property of absorption shaft orientation. That is, if the spherical coordinate system which set to theta the angle of visibility which is the angle seen from the normal of the virtual flat surface 204 parallel to the liquid crystal cell for defining an angle of visibility as shown in drawing 22 (a), and made Azimuth phi the angle from the absorption shaft 203 (you may be phi = 0 degree) of the lower polarizing plate of a direction to see is defined and an angle-of-visibility property is evaluated, a ** contrast contour curve will become like the curve 301 which is not concerned with a display mode but is generally shown in That is, there was a problem that an angle of visibility became narrow as Azimuth phi shifted from the absorption shaft of a lower polarizing plate the top. In addition, the curve 302 in drawing 23 shows a contrast contour curve, such as aiming at obtaining in this invention.

[0004] this invention is made that the technical problem of such conventional technology should be solved, cancels aggravation of the angle-of-visibility property accompanying the gap from an absorption shaft, and aims at offering the liquid crystal display which has the angle-of-visibility property of an axial symmetry in general.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The liquid crystal cell which has the liquid crystal layer in which the liquid crystal display of this invention was pinched by the substrate of a couple, The polarizing plate of a couple with which the crossed Nicol has been arranged while pinching this liquid crystal cell, If it has the phase contrast compensation element prepared at least in one side between the polarizing plate of this couple, and this liquid crystal cell and is in this liquid crystal layer While the direction at the time of a black display has the value of the local refractive-index anisotropy within a field parallel to this liquid crystal cell front face smaller than the time of a white display and this

phase contrast compensation element presents a refractive-index anisotropy. When defining it as setting the refractive index of the direction in alignment with the main shaft x of a rectangular coordinate system XYZ , y , and the z -axis to n_x , n_y , and n_z , and the main shaft z being parallel to the normal on this front face of a liquid crystal cell, and a main shaft x and y having it in a field parallel to this liquid crystal cell front face, It is $n_z < (n_x + n_y)/2$ and $n_x > n_y$, and the above-mentioned purpose is attained by that.

[0006] Between the polarizing plate of the aforementioned couple, and the aforementioned liquid crystal cell, it is good also as composition which has the 1st and 2nd phase contrast compensation elements, respectively.

[0007] One side of the phase contrast compensation films of two sheets arranged on one side of the aforementioned liquid crystal cell by the aforementioned phase contrast compensation element consisting of a phase contrast compensation film of two sheets, respectively is $n_x = n_y$ and $n_z < n_x$, and the phase contrast compensation film of another side is good also as composition which is $n_y = n_z$ and $n_x > n_y$.

[0008] the refractive-index anisotropy of the above 1st and the 2nd phase contrast compensation element -- abbreviation -- it may be the same

[0009] Each main shaft x of the above 1st and the 2nd phase contrast compensation element may be carrying out the abbreviation rectangular cross mutually.

[0010] The angle with the shaft with which each phase contrast compensation element and the main shaft x of the aforementioned phase contrast compensation element cross at right angles at the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors to accomplish may be ≈ 45 degrees.

[0011] The main shaft x of the aforementioned phase contrast compensation element is good for each phase contrast compensation element also as composition which carries out an abbreviation rectangular cross at the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors.

[0012] Below, it explains per operation of this invention.

[0013] As this invention is shown in drawing 1, the average refractive index within a field parallel to a liquid crystal display cell front face (n_x , n_y) is large compared with the refractive index (n_z) of the thickness direction, and the phase contrast compensation element which has a refractive-index anisotropy ($n_x > n_y$) in a field is inserted between a liquid crystal cell and a polarizing plate. Then, aggravation of the angle-of-visibility property accompanying the gap from the absorption shaft of a polarizing plate will be canceled.

[0014] The conditions about the refractive index of the phase contrast compensation element used by this invention are $n_z < (n_x + n_y)/2$ and two conditions which become $n_x > n_y$ as they are shown in drawing 1. In addition, even if it is the case where a phase contrast compensation element is constituted from two or more phase contrast boards (or phase contrast film), the two above-mentioned condition should just be fulfilled as the whole element. In addition, 401 in drawing 1 shows the phase contrast compensation element used by this invention, and 402 is the index ellipsoid.

[0015] Moreover, when a liquid crystal display performs a white display and a middle gradation display, the angle of the shaft of the refractive-index anisotropy within a field and the absorption shaft of a polarizing plate to accomplish can be adjusted from a viewpoint which optimizes permeability change, coloring, etc.

[0016]

[Embodiments of the Invention] First, explaining the liquid crystal display of each gestalt avoids, and it performs comprehensive explanation.

[0017] Conditions required for the liquid crystal cell for which this invention is adapted are what "the direction at the time of a black display has [a thing] the value of the local refractive-index anisotropy in a flat surface in general parallel to a liquid crystal cell front face (namely, field it is considered that is abbreviation same orientation when separation orientation of this liquid crystal layer is carried out) smaller than the time of a white display" as they were mentioned above. That is, the liquid crystal cell for which this invention is adapted can be approximated to a positive optically uniaxial phase contrast board, as shown in drawing 2 at the time of a black display. Here, 501 is the lower substrate of a liquid crystal cell, 502 is the upper substrate, and 503 is an index ellipsoid shown on behalf of the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer at the time of a black display.

[0018] In an actual liquid crystal cell, even if it is at the black display time in order to specify the orientation at the time of voltage impression, the index ellipsoid representing a liquid crystal layer has some which incline from [of a substrate] a normal. For example, when 2 ****s of orientation are carried out, as shown in drawing 3, the major axis of the index ellipsoid of Field A and Field B inclines slightly from the normal on the front face of a substrate. Drawing 3 shows the index ellipsoid representing the refractive-index anisotropy at the time of the black display of the liquid crystal cell which divided the orientation of liquid crystal into two. In this drawing 3, 521 is Domain B and, for Domain A and 524, a lower substrate and 522 are [an upper substrate and 523 / the index ellipsoid which shows the refractive-index anisotropy of a liquid crystal layer / in / Domain A / in 525], and 526 / index ellipsoids which show the refractive-index anisotropy of the liquid crystal layer in Domain B as for it. In such a case, the difference with

approximation of drawing 2 is expanded in connection with the tilt angle becoming large, and the effect of the invention of this invention decreases. However, with the liquid crystal display generally used, it is a book. Although the below-mentioned example describes, generally a perpendicular orientation film and the liquid crystal display which consists of Nn type liquid crystal have the aforementioned small degree of tilt angle compared with a level orientation film and the liquid crystal display which consists of Np type liquid crystal. That is, this invention demonstrates a bigger effect by applying to a perpendicular orientation film and the liquid crystal display which consists of Nn type liquid crystal.

[0019] As explained above, it is common when [all], as for the essence of this invention, approximation of drawing 2 is materialized in general by the liquid crystal cell at the time of a black display. Therefore, the phase contrast film which has an index ellipsoid equivalent to the index ellipsoid which represents with the following explanation the refractive-index anisotropy of the liquid crystal cell at the time of the black display shown in drawing 2 paying attention to the liquid crystal display at the time of a black display is used instead of a liquid crystal cell, and the content of this invention is explained.

[0020] the composition of the liquid crystal display shown in drawing 4 -- setting -- a liquid crystal cell 105 -- dLC and $(n_z - n_x) = 350\text{nm}$ -- $n_x = n_y$ -- the equipment replaced with the positive optically uniaxial phase contrast film was produced For an upper polarizing plate and 103, as for an upper phase contrast compensation element and 106, in drawing 4 , a lower phase contrast compensation element and 104 are [101 / a lower polarizing plate and 102 / the absorption shaft of a lower polarizing plate and 107] the absorption shafts of an upper polarizing plate. About 108 and 109, it mentions later.

[0021] If it observes changing a viewing angle (θ) along the direction which bisects the absorption shaft of a vertical polarizing plate for the equipment which sandwiched the positive optically uniaxial phase contrast film (the following $\phi = 45$ degrees) with the polarizing plate arranged on the cross Nicol's prism as shown in drawing 5 A, permeability (it was defined as the transverse-plane permeability of only the polarizing plate which carried out parallel Nicol's prism arrangement of the 100% of the permeability drawing) will increase. Namely, optical leakage arises in the liquid crystal cell of a black display state at the time of the tropia. Consequently, contrast falls.

[0022] Furthermore, as everyone knows, as shown in drawing 5 B, the aforementioned phenomenon can improve by using a negative optically uniaxial phase contrast film for the phase contrast compensation elements 103 and 104 shown in drawing 4 . Drawing 5 B is $n_x = n_y > n_z$ as phase contrast compensation elements 103 and 104. $df = (n_x - n_z)$ (df is the thickness of a phase contrast compensation element) is changed to $0\text{nm} - 280\text{nm}$. It is $\phi = 45$ degrees (absorption shaft orientation of the bottom polarizing plate of a light source side is made into $\phi = 0$ degree), and $\phi = 90$ degrees (direction which is parallel or intersects perpendicularly to the absorption shaft of a vertical polarizing plate), and is the result of measuring the permeability in $\theta = 50$ degrees (direction to which 50 degrees inclined from the normal on the front face of equipment of drawing 4). The permeability of $\phi = 90$ degrees was not based on the value of $df (n_x - n_z)$, but was about 0%. On the other hand, the permeability of $\phi = 45$ degrees decreases as the value of $df (n_x - n_z)$ increases from 0, and it takes 2% of minimum values by $df(n_x - n_z) = 175$. So far, it is common knowledge.

[0023] this invention -- the above -- $n_x = n_y > n_z$ -- a phase contrast compensation element -- $n_x \neq n_y$ and $(n_x + n_y)/2 > n_z$ -- the minimum value in $\phi = 45$ degrees is made still smaller than 2% by transposing to a phase contrast compensation element

[0024] Drawing 5 C made each x axis in agreement [the phase contrast compensation elements 103 and 104] with 108 and 109. Considering as $n_x > n_y$ and the phase contrast compensation element (equivalent to drawing 1) which becomes $(n_x + n_y) / 2 > n_z$, and maintaining $df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\} = 175\text{nm}$ $df (n_x - n_y)$ is changed to $0\text{nm} - 38\text{nm}$, and it is $\phi = 45$ degrees and $\phi = 90$ degrees, and is the result of measuring the permeability in $\theta = 50$ degrees. In addition, 108 is a shaft in which the maximum refractive index of a lower phase contrast compensation element is shown, and 109 is a shaft in which the maximum refractive index of an upper phase contrast compensation element is shown.

[0025] The permeability of $\phi = 90$ degrees was not based on the value of $df (n_x - n_y)$, but was about 0%. On the other hand, the permeability of $\phi = 45$ degrees decreased as the value of $df (n_x - n_y)$ increased from 0, and it became 0.3% of minimum values by $df(n_x - n_y) = 20\text{nm}$.

[0026] That is, as compared with the case of well-known composition, optical leakage ($\phi = 90$ degrees and $\theta = 50$ degrees) has been reduced to one seventh by composition of this invention using the phase contrast compensation element shown in drawing 1 . This effect is immediately connected with the improvement in contrast at the time of the tropia, i.e., the improvement in an angle-of-visibility property. Contrast is because it is proportional to the inverse number of black level.

[0027] It was shown that the optical leakage at the time of observing from across can suppress remarkably towards bisecting the absorption shaft of a vertical polarizing plate especially by choosing the value of n_x , n_y , and n_z appropriately using the phase contrast compensation element which is technique [technique of this invention]

($n_x + n_y$), i.e., $n_z < \sqrt{2}$, and becomes $n_x \neq n_y$ as shown above. This shows the improvement effect of the angle-of-visibility property of the contrast ratio in the direction which bisects the absorption shaft of a vertical polarizing plate simultaneously.

[0028] Below, the concrete example of this invention is explained.

[0029] (Example 1) The liquid crystal display of the example 1 of this invention was considered as the composition shown in drawing 4.

[0030] The liquid crystal cell 105 of drawing 4 is the wide-field-of-view angle liquid crystal display mode in which perpendicular orientation of the Nn type liquid crystal proposed [person / invention-in-this-application] was carried out to the shape of an axial symmetry, and is a liquid crystal cell shown in drawing 6 of a Japanese Patent Application No. / No. 341590 / eight to] publication. The composition of this liquid crystal cell 105 is as follows.

[0031] That is, on the substrate 62 by which the transparent electrode 63 (ITO:100nm) was formed in the front face, the photosensitive polyimide was used and the spacer 65 with a height of about 4.5 micrometers was formed outside the picture element field. After that, the heights 66 with a height of about 3 micrometers were formed by OMR83 (Tokyo adaptation shrine make). The size of the field surrounded by heights 66 was set to 100micrometerx100micrometer, and formed this three field in one picture element (100micrometerx300micrometer). Moreover the spin coat of JALS-204 (Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. make) was carried out, and the perpendicular orientation layer 68 was formed. Furthermore, the perpendicular orientation layer (not shown) was formed using the material same also on the transparent electrode (it is flat) of another substrate. Both were stuck and the liquid crystal cell was completed.

[0032] Into the produced liquid crystal cell, Nn type liquid crystal material (chiral material is mixed so that MJ95955 by Merck Co. and cell gap 4.5micrometer may make 90 degree twist of left hands) was poured in, and voltage was impressed 7V. Immediately after voltage impression, when the orientation shaft of axial-symmetry orientation changed into the state where more than one exist and the voltage impression state was further continued by the initial state, one axial-symmetry orientation field (monochrome domain) was formed for every field surrounded by heights 66.

[0033] The phase contrast board (thickness $df=50$ micrometer, $df(n_x - n_y) = 25$ nm, and $df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\} = 130$ nm) produced by the biaxial-stretching method to such a liquid crystal cell has been arranged as shown in drawing 4 as phase contrast compensation elements 103 and 104. Furthermore, outside, polarizing plates 101 and 102 have been arranged so that it may be in a cross Nicol's prism state.

[0034] The angle-of-visibility property of the permeability when indicating the liquid crystal display of this example by black in driver voltage $V_{off}=2V$ using the optical property measuring instrument LCD 5000 made from Otsuka Electron was measured, the angle-of-visibility property of the permeability at the time of subsequently making it white-display in driver voltage $V_{on}=5V$ was measured, it $**$ (ed) with the permeability of a black display of the permeability at the time of a white display further, and the angle-of-visibility property of a contrast ratio was acquired.

[0035] Drawing 7 is drawing showing contrast contour curves, such as the contrast ratio 50 based on the result.

[0036] (Example 1 of comparison) The example of comparison corresponding to the example 1 of this invention is explained below.

[0037] In this example 1 of comparison, the thing of the same composition as the liquid crystal display shown in drawing 4 was used like the example 1. However, the phase contrast compensation element of a tabular used in this example 1 of comparison was set to thickness $df=50$ micrometer, $df(n_x - n_y) = 0$ nm, and $df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\} = 130$ nm.

[0038] Drawing 8 is drawing showing contrast contour curves, such as the contrast ratio 50 which measured this liquid crystal display by the same technique as an example 1.

[0039] (Example 2 of comparison) The example of comparison corresponding to the example 1 of this invention is explained below.

[0040] In this example 2 of comparison, the thing of the same composition as the liquid crystal display shown in drawing 4 was used like the example 1. However, the phase contrast compensation element is not used in this example 2 of comparison.

[0041] Drawing 9 is drawing showing contrast contour curves, such as the contrast ratio 50 which measured this liquid crystal display by the same technique as an example 1.

[0042] If drawing 7, drawing 8, and drawing 9 which were mentioned above are compared, at $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, the contrast line, such as contrast 50, all shows the value same in general as $\theta = 55$ degrees. However, a contrast contour curve, such as contrast ($\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees) 50, is $\theta = 53$ degrees in general in drawing 7 of an example 1 as compared with being $\theta = 38$ degrees in general in drawing 9 of the example 2 of comparison at drawing 8 of $\theta = 23$ degrees and the example 1 of comparison.

[0043] If it collects above, in the examples 1 and 2 of comparison, and the example 1, the angle-of-visibility property

in $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees is the same and good in general. However, at $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees, the angle-of-visibility property of the liquid crystal display of the example 2 of comparison is remarkably inferior. The fixed improvement accomplished the liquid crystal display of the example 1 of comparison to this. Furthermore, in the example 1, this has been improved nearly completely and the angle-of-visibility property of $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees was expanded to the grade almost equal to the viewing-angle property of $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees. That is, in the example 1, the good angle-of-visibility property was acquired nearly completely isotropic.

[0044] Moreover, in the example 1, as a phase contrast compensation element, although it used one sheet at a time respectively the phase contrast film (thickness $df = 50$ micrometer, $df(n_x - n_y) = 25$ nm, and $df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\} = 130$ nm), as long as this invention shows a property equivalent as a phase contrast compensation element, without being limited to this in any way, you may use it combining two or more phase contrast films or liquid crystal cells etc.

[0045] In (an example 2) and time, the example 1 showed only the case where a liquid crystal cell was inserted with the phase contrast film (phase contrast compensation element) of two sheets which becomes 25 nm and $df(n_x - n_y) = df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\} = 130$ nm. At this time, each phase contrast compensation element was examination only in the case of having arranged the x axis so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors.

[0046] Then, in this example 2, the range from which the effect of this invention is created by making it change independently respectively about the value of $df\{(n_x + n_y)/2 - n_z\}$, the value of $df(n_x - n_y)$, and the angle of the absorption shaft of a polarizing plate and the x axis of a phase contrast board to make was estimated. However, in this example 2, instead of using the phase contrast film with which the values of n_x , n_y , and all n_z (es) differ, as shown in drawing 10, the phase contrast compensation element which combined the 1st phase contrast film of $n_x = n_y > n_z$ and the 2nd phase contrast film of $n_x > n_y = n_z$ was used.

[0047] In drawing 10 a lower polarizing plate and A102 A101 In addition, an upper polarizing plate, The 1st lower phase contrast film ($n_x = n_y > n_z$) and A104 A103 The 1st upper phase contrast film ($n_x = n_y > n_z$), The 2nd lower phase contrast film ($n_x > n_y = n_z$) and A106 A105 The 2nd upper phase contrast film ($n_x > n_y = n_z$), For a liquid crystal cell and A108, as for the absorption shaft of an upper polarizing plate, and A110, the absorption shaft of a lower polarizing plate and A109 are [A107 / the x axis of the 2nd lower phase contrast film A105 and A111] the x axes of the 2nd upper phase contrast film A106.

[0048] Here, having used the phase contrast compensation element is based on the following two reasons.

(a) Book

(b) It is because it is shown that the effect of this invention can be created also by the phase contrast compensation element which combined two or more phase contrast films.

[0049] arrangement like [change of $df(n_x - n_z)$] drawing 10 -- setting (however, where the 2nd phase contrast film A105 and A106 being removed) -- $n_x = n_y > n_z$ -- $df(n_x - n_z)$ value of the 1st phase contrast film of thickness df was changed to 20 nm - 400 nm, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1 Here, the directions of slant are $\theta = 50$ degrees, $\phi = 0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0050] Drawing 11 is drawing showing the result of measurement.

[0051] At $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, it is not based on $df(n_x - n_z)$ value, but the good, almost fixed contrast value is shown so that I may be understood by this drawing 11. On the other hand, at $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees, when the value of $df(n_x - n_z)$ was about 140 nm, the greatest contrast was acquired. In addition, also except the aforementioned optimum value, there was an effect of the improvement in contrast in $20 \text{ nm} < df(n_x - n_z) < 250 \text{ nm}$, and also the effect was remarkable in the range which is $90 \text{ nm} < df(n_x - n_z) < 190 \text{ nm}$ as shown in drawing 11.

[0052] As everyone knows, the relative value to dLC and n value of the liquid crystal cell compensated (product of Cell thick dLC and n ($=|n_e - n_o|$) of the used liquid crystal) should discuss the retardation value $\{df(n_x - n_z)\}$ of a phase contrast compensation element: this example 2 also follows the idea. Since n of the liquid crystal (MJ95955 by Merck Co.) used by this example 2 is 0.077 and cell n is 4.5 micrometers in general, dLC and n of a liquid crystal cell are 347 nm. therefore, 40% of case can expect in general the effect that it is for 25% - 55% that the retardation value $\{=df(n_x - n_z)\}$ of a phase contrast compensation element is between 0% - 72% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and the range from which the effect of this invention is acquired is the maximum

[0053] What is necessary is to be the case where the phase contrast compensation element has been arranged on both sides of a liquid crystal cell, and just to carry out abbreviation double precision of each aforementioned value

respectively in this example 2, when it has arranged to single-sided one side. in this case, in the range from which the effect of this invention is acquired, it becomes 80% that the effect that it is for 50% - 110% that the retardation value $\{df(n_x - n_z)\}$ of a phase contrast compensation element is between 0% - 144% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and it is the maximum is expectable in general

[0054] Although the phase contrast film of two sheets constituted each of a phase contrast compensation element from this example 2, a phase contrast compensation element may consist of things other than the phase contrast film of three or more sheets, or a film, for example, a liquid crystal cell, a mesomorphism poly membrane, etc.

[0055] $\{df(n_x - n_y)\}$ value of the 2nd phase contrast film of the thickness df if it is thin $n_x > n_y = n_z$ was changed to 0nm - 50nm by change of $df(n_x - n_y)$, next arrangement of drawing 10, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1.) However, the 1st phase contrast film was set to $df(n_x - n_z) = 140\text{nm}$. Here, the directions of slant are $\theta = 50$ degrees, $\phi = 0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0056] Drawing 12 is drawing showing the result of the measurement.

[0057] At $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, it is not based on $df(n_x - n_y)$ value, but the good, almost fixed contrast value is acquired so that I may be understood by this drawing 12. On the other hand, at $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees, when the value of $df(n_x - n_y)$ was about 22.5nm, the greatest contrast was acquired. In addition, also except the optimum value of 22.5nm, there was an effect of the improvement in contrast in $2.5\text{nm} < df(n_x - n_y) < 45\text{nm}$, and also the effect was remarkable in the range which is $10\text{nm} < df(n_x - n_y) < 35\text{nm}$ as shown in drawing 12.

[0058] Here, the relative value to dLC and n value of the liquid crystal cell compensated (in the case of this example dLC and $n = 347\text{nm}$) discusses the retardation value $\{df(n_x - n_y)\}$ of a phase contrast compensation element.

[0059] 6.5% of case can expect in general the effect that it is for 2% - 10% that the retardation value $\{df(n_x - n_y)\}$ of a phase contrast compensation element is between 0% - 13% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and the range from which the effect of this invention is acquired is the maximum

[0060] The x axis of the phase contrast compensation element arranged to the upper and lower sides of a liquid crystal cell is made to have intersected perpendicularly in general in the [angle which x-axis (shaft in which maximum refractive index is shown in field) shaft of vertical phase contrast compensation element accomplishes] this invention. The reason is for avoiding the fall of the contrast when seeing a liquid crystal display from a transverse plane. If the x axis of the phase contrast compensation element of two sheets does not lie at right angles, since the phase contrast within a field arises with the whole phase contrast compensation element, it is because it can guess easily that a good black display is not obtained but contrast falls.

[0061] In the example 1 which carried out [change of angle which arrangement [of a phase contrast compensation element], and x-axis and absorption shaft of polarizing plate accomplish] above-mentioned, the x axis (shaft in which the maximum refractive index is shown) of the phase contrast compensation element arranged to the upper and lower sides of a liquid crystal cell was arranged at the rectangular cross on the absorption shaft of the polarizing plate which carried out the nearest neighbors to it. In this example 2, the gap of the orthogonality relation of a x axis and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors and the relation of the effect of this invention were investigated.

[0062] The phase contrast film which specifically fulfills the conditions of $df(n_x - n_z) = 140\text{nm}$ and $n_y = n_x$ (1st phase contrast film), $df(n_x - n_y) = 22.5\text{nm}$ and the phase contrast film (2nd phase contrast film) which fulfills the conditions of $n_z = n_y$. Maintaining the orthogonality relation of x shafts each of the 2nd phase contrast film which carried out the laminating like drawing 10 and which was allotted up and down (shaft parallel to the maximum refractive index in a field) The angle α of the x axis of the 2nd phase contrast film and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors (refer to drawing 13) to accomplish was changed in $0 \text{ degree} \leq \alpha < 180 \text{ degrees}$ by having made clockwise rotation positive, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1. Here, the directions of slant are $\theta = 50$ degrees, $\phi = 0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0063] Drawing 14 is drawing showing a measurement result.

[0064] Although $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees of maximums are taken by three points, $\alpha = 0$ degree, 90 degrees, and 180 degrees, when based on this drawing 14, $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees take maximum only by the arrangement with which it is only $\alpha = 90$ degrees, namely, the absorption shaft of a nearest-neighbors polarizing plate and the x axis of a phase contrast compensation element cross at right angles.

[0065] therefore, in order to acquire the effect of this invention to the maximum extent, it is a time of the shaft n_x in

which the maximum refractive index in the field of $\alpha = 90$ degrees, i.e., a phase contrast compensation element, is shown, and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors crossing at right angles at it. Moreover, according to drawing 14, it is at the time of $45 \text{ degrees} < \alpha < 135 \text{ degrees}$, i.e., the aforementioned book. Furthermore, by the case where 23 degrees shifts to a clockwise rotation and a counterclockwise rotation, the remarkable effect was acquired from the arrangement from which the maximum effect of the time of $67 \text{ degrees} < \alpha < 113 \text{ degrees}$, i.e., the aforementioned this invention, is acquired.

[0066] Although the thing of composition of being shown in drawing 6 as liquid crystal display mode was used in the examples 1 and 2, the liquid crystal display mode which can apply this invention is not limited to this at all. That is, as long as it is the liquid crystal cell which fulfills conditions according to claim 1, the liquid crystal cell using what display mode is sufficient.

[0067] (Example 3) It was an example at the time of being adapted in the phase contrast compensation technology of this invention to the typical liquid crystal display mode to which division orientation of the Nn type liquid crystal which carried out perpendicular orientation in the examples 1 and 2 mentioned above was carried out. In this example 3 and the below-mentioned example 4, it is adapted in the phase contrast compensation technology of this invention to the typical liquid crystal display mode to which division orientation of the Np type liquid crystal which carried out level orientation was carried out.

[0068] It is the same as that of what also shows the composition of the liquid crystal display of this example 3 to drawing 4.

[0069] The liquid crystal cell of drawing 4 is the thing in wide-field-of-view angle liquid crystal display mode which carried out level orientation of the Np type liquid crystal proposed [person / invention-in-this-application] to the shape of an axial symmetry. It will be as follows if an example of the method of producing the liquid crystal cell is given. Of course, the producing method is not limited to this.

[0070] The manufacture method of the liquid crystal display of this example is explained referring to above-mentioned drawing 6.

[0071] On the substrate 62 by which the transparent electrode 63 (100nm of ITO= thickness) was formed in the front face, the photosensitive polyimide was used and the spacer 65 with a height of about 4.5 micrometers was formed outside the picture element field. The heights 66 with a height of about 3 micrometers were formed by OMR83 (Tokyo adaptation make) after that. The size of the field surrounded by heights 66, i.e., a picture element field, was made into 100micrometer**. The perpendicular orientation layer 68 is not formed.

[0072] Thus, it stuck with the substrate of the configuration flat [having a transparent electrode] which is another substrate about the formed substrate, and the liquid crystal cell was completed.

[0073] Into the produced liquid crystal cell, the mixture which mixed MS90847 (Merck Co. make : S811 0.4-% of the weight ****) 3.74g and 0.025g of optical initiators Irgacure651 as p-phenyl styrene 0.1g and a liquid crystal material as R-684 (Nippon Kayaku make) 0.1g and a photopolymerization inhibitor as a photoresist was poured in.

[0074] Then, the liquid crystal cell was heated at 110 degrees C more than the clearing point temperature of liquid crystal, and was held for 1 hour. Then, it cooled slowly to the room temperature by 0.1 degrees C/min. Voltage impression was stopped and annealing was resumed, after having observed the transparent phase and the un-transparent phase in the picture element, and having stopped annealing, having impressed the square wave of about 2.5 Vrms(es) to the liquid crystal cell intermittently in the middle of annealing, when the area of a transparent phase and an un-transparent phase became almost the same, and acquiring taking up and down and good axial-symmetry orientation for the temperature of a cell appropriately. Axial-symmetry orientation was fixed by irradiating ultraviolet rays and finally, stiffening a photoresist R-684, and production of a liquid crystal cell was completed.

[0075] The phase contrast films 103 and 104 as a phase contrast compensation element (thickness $df = 50 \text{ micrometer}$, $df (n_x - n_y) = 25 \text{ nm}$, and $df \{ (n_x + n_y) / 2 - n_z \} = 130 \text{ nm}$) produced by the biaxial-stretching method to this liquid crystal cell have been arranged like drawing 4. Furthermore, polarizing plates 101 and 102 have been arranged on the outside, and the liquid crystal display was completed.

[0076] The angle-of-visibility property of the permeability when indicating the liquid crystal display of this example 3 by black in driver voltage $V_{on} = 7.3 \text{ V}$ using the optical property measuring instrument LCD 5000 made from Otsuka Electron was measured, the angle-of-visibility property of the permeability at the time of subsequently making it white-display in driver voltage $V_{off} = 2.3 \text{ V}$ was measured, it ** (ed) with the permeability of a black display of the permeability at the time of a white display further, and the angle-of-visibility property of a contrast ratio was acquired.

[0077] Drawing 15 is drawing showing contrast contour curves, such as a contrast ratio 5, based on the result.

[0078] (Example 3 of comparison) The example 3 of comparison corresponding to the example 3 of this invention is explained below.

[0079] In this example 3 of comparison, the thing of the composition of the liquid crystal display shown in drawing 4

was used like the example 3. However, the phase contrast board used in this example 3 of comparison was set to thickness $df=50\text{micrometer}$, $df(nx-ny)=0\text{nm}$, and $df\{(nx+ny)/2-nz\}=130\text{nm}$.

[0080] Drawing 16 is drawing showing contrast contour curves, such as the contrast ratio 5 which measured this liquid crystal display by the same technique as an example 1.

[0081] (Example 4 of comparison) The example 4 of comparison corresponding to the example 3 of this invention is explained below.

[0082] In this example 4 of comparison, the thing of the composition of the liquid crystal display shown in drawing 4 was used like the example 3. However, the phase contrast compensation element is not used in this example 4 of comparison.

[0083] Drawing 17 is drawing showing contrast contour curves, such as the contrast ratio 5 which measured this liquid crystal display by the same technique as an example 1.

[0084] If drawing 15, drawing 16, and drawing 17 which were mentioned above are compared, at $\phi=0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, the contrast line, such as contrast 5, all shows the value same in general as $\theta=60$ degrees. However, a contrast contour curve, such as contrast ($\phi=135$ degrees and 315 degrees) 5, is $\theta=55$ degrees in general in drawing 15 of an example 3 as compared with being $\theta=48$ degrees in general in drawing 17 of the example 4 of comparison at drawing 16 of $\theta=38$ degrees and the example 3 of comparison.

[0085] If it collects above, in the examples 3 and 4 of comparison, and the example 3, the angle-of-visibility property in $\phi=0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees is the same and good in general. However, at $\phi=135$ degrees and 315 degrees, the angle-of-visibility property of the liquid crystal display of the example 4 of comparison is inferior. The fixed improvement accomplished the liquid crystal display of the example 3 of comparison to this. Furthermore, in the example 3, this has been improved nearly completely and the angle-of-visibility property of $\phi=135$ degrees and 315 degrees was expanded to $\phi=0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and the grade with almost equal 270 degrees. That is, in the example 3, the good angle-of-visibility property was acquired nearly completely isotropic.

[0086] Although the phase contrast film of two sheets constituted the phase contrast compensation element from this example, you may constitute from things other than the film or film of two or more sheets, for example, a liquid crystal cell, a mesomorphism poly membrane, etc.

[0087] (The example 4) and the example 3 mentioned above in time showed only the case where a liquid crystal cell was inserted with the phase contrast film of two sheets which becomes 25nm and $df(nx-ny)=df\{(nx+ny)/2-nz\}=130\text{nm}$. At this time, each phase contrast board was examination only in the case of having arranged the x axis so that it may intersect perpendicularly with the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors.

[0088] Then, in this example 4, the range from which the effect of this invention is created by making it change independently respectively about the value of $df\{(nx+ny)/2-nz\}$, the value of $df(nx-ny)$, and the angle of the absorption shaft of a polarizing plate and the x axis of a phase contrast board to accomplish was estimated. However, in this example 4, the phase contrast compensation element which combined the 1st phase contrast film of $nx=ny>nz$ and the 2nd phase contrast film of $nx>ny=nz$ like drawing 10 has been arranged instead of using the phase contrast film with which all the values of nx , ny , and nz differ. The method of arrangement is the same as that of the case of an example 2.

[0089] Here, having used this phase contrast compensation element is based on the following two reasons.

(a) Book

(b) It is because it is shown that the effect of this invention can be created also by the phase contrast compensation element which combined two or more phase contrast films.

[0090] In arrangement like [change of $df(nx-nz)$] drawing 10, $df(nx-nz)$ value of the phase contrast film of the thickness df it is thin $nx=ny>nz$ was changed to 20nm - 400nm, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1. Here, the directions of slant are $\theta=50$ degrees, $\phi=0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0091] Drawing 18 is drawing showing the result of measurement.

[0092] In drawing 18, at $\phi=0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, it is not based on $df(nx-nz)$ value, but the good, almost fixed contrast value is shown. On the other hand, at $\phi=45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees, when the value of $df(nx-nz)$ was about 150nm, the greatest contrast was acquired. In addition, in 20 nm< $df(nx-nz)$ <300nm, there was an effect of the improvement in contrast also except the aforementioned optimum value, and also the effect was remarkable in the range which is 70 nm< $df(nx-nz)$ <230nm as shown in drawing 18.

[0093] As everyone knows, the relative value to dLC and n value of the liquid crystal cell compensated (product of Cell thick dLC and n (=| n_e-n_o |) of the used liquid crystal) should discuss the retardation value $\{df(nx-nz)\}$ of a phase contrast compensation element. this example also follows the idea. It follows. since n of the liquid crystal

(MS90847 by Merck Co.) used by this example is 0.096 and cell n is 4.5 micrometers in general, dLC and n of a liquid crystal cell are 432nm -- 35% of case can expect in general the effect that it is 16% - 54% that the retardation value $\{df(n_x - n_z)\}$ of a phase contrast compensation element of the range from which the effect of this invention is acquired is between 5% - 69% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and it is the maximum

[0094] What is necessary is to be the case where the phase contrast compensation element has been arranged on both sides of a liquid crystal cell, and just to carry out abbreviation double precision of each aforementioned value respectively in this example, when it has arranged in one of the two. therefore, it becomes 70% that the effect that it is for 32% - 108% that the retardation value $\{=df(n_x - n_z)\}$ of a phase contrast compensation element of the range from which the effect of this invention is acquired is between 10% - 138% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and it is the maximum is expectable in general

[0095] [change of $df(n_x - n_y)$], next arrangement of drawing 10 -- $n_x > n_y = n_z$ -- $df(n_x - n_y)$ value of the phase contrast films A105 and A106 of thickness df was changed to 3nm - 50nm, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1 However, the phase contrast films A103 and A104 are $df(n_x - n_z) = 150\text{nm}$. Here, the directions of slant are $\theta = 50$ degrees, $\phi = 0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0096] Drawing 19 is drawing showing the result of measurement.

[0097] According to drawing 19, at $\phi = 0$ degree, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, it is not based on $df(n_x - n_y)$ value, but the good, almost fixed contrast value is acquired. On the other hand, at $\phi = 45$ degrees, 135 degrees, 225 degrees, and 315 degrees, a big difference is in $df(n_x - n_y)$ value which gives the maximum contrast in $\phi = 45$ degrees, 225 degrees, $\phi = 135$ degrees, and 315 degrees. However, change of the contrast of both the groups to $df(n_x - n_y)$ value change is broadcloth, and when both contrast is in agreement (this is also one of the effects of this invention) (i.e., even when an angle-of-visibility property becomes concentric circle-like more), the effect of contrast expansion is fully acquired. The value of $df(n_x - n_y)$ at this time was 24nm, and the effect of this invention was the maximum at this time. In addition, in $3\text{nm} < df(n_x - n_y) < 48\text{nm}$, there was an effect of this invention also except the optimum value of 24nm, and the effect was still more remarkable in the range which is $12\text{nm} < df(n_x - n_y) < 36\text{nm}$ as shown in drawing 19.

[0098] Here, the relative value to dLC and n value of the liquid crystal cell compensated (dLC and $n = 432\text{nm}$ in the case of this example) discusses the retardation value $\{df(n_x - n_y)\}$ of a phase contrast compensation element. 5.5% of case can expect in general the effect that it is for 2% - 9% that the retardation value $\{df(n_x - n_y)\}$ of a phase contrast compensation element of the range from which the effect of this invention is acquired is between 0% - 12% of dLC and n value of a liquid crystal cell, and a remarkable effect is acquired, and it is the maximum

[0099] The x axis of the phase contrast compensation element arranged to the upper and lower sides of a liquid crystal cell is made to have intersected perpendicularly in general in the [angle which x axis (shaft in which maximum refractive index is shown in field) of vertical phase contrast compensation element accomplishes] this invention. The reason is for avoiding the fall of the contrast when seeing a liquid crystal display element from a transverse plane. If the x axis of the phase contrast compensation element of two sheets does not lie at right angles, since the phase contrast within a field arises with the whole phase contrast compensation element, it is because it can guess easily that a good black display is not obtained but contrast falls.

[0100] The absorption shaft of the polarizing plate which carried out the nearest neighbors to it, and the x axis (shaft in which the maximum refractive index is shown) of the phase contrast compensation element arranged to the upper and lower sides of a liquid crystal cell were made to have crossed at right angles in the example 3 which carried out [change of angle which arrangement [of a phase contrast compensation element], and x-axis and absorption shaft of polarizing plate accomplish] above-mentioned. In this example 4, the gap of the orthogonality relation of a x axis and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors and the relation of the effect of this invention were investigated.

[0101] The phase contrast film which specifically fulfills the conditions of $df(n_z - n_x) = 150\text{nm}$ and $n_y = n_x$, Maintaining the orthogonality relation of the x axis (shaft parallel to the maximum refractive index in a field) of the phase contrast compensation element which carried out the laminating of the phase contrast film of two sheets with $df(n_x - n_y) = 24\text{nm}$ and the phase contrast film which fulfills the conditions of $n_z = n_y$ like drawing 10 The angle α of the x axis of a phase contrast compensation element and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors (refer to drawing 13) to accomplish was changed in $0 \text{ degree} \leq \alpha < 180 \text{ degrees}$ by having made clockwise rotation positive, and the contrast property of the direction of slant was measured by the same system of measurement as an example 1. Here, the directions of slant are $\theta = 50$ degrees, $\phi = 0$ degree, 45 degrees, 90 degrees, 135 degrees, 180 degrees, 225 degrees, 270 degrees, and 315 degrees in drawing 22 which defined the angle of visibility.

[0102] Drawing 20 is drawing showing a measurement result.

[0103] According to drawing 20, the value of α which gives the greatest contrast to all ϕ does not exist. However, it is that an angle-of-visibility property can be expanded symmetrically at the time in the arrangement with which the absorption shaft of a nearest-neighbors polarizing plate and the x axis of $\alpha = 90$ degrees, i.e., a phase contrast compensation element, cross at right angles. therefore, it is a time of the shaft n_x in which the maximum refractive index in the field of $\alpha = 90$ degrees, i.e., a phase contrast compensation element, is shown in order to acquire the effect of this invention to the maximum extent, and the absorption shaft of the polarizing plate of the nearest neighbors crossing at right angles at it. Moreover, according to drawing 20, it is at the time of $45 \text{ degrees} < \alpha < 135 \text{ degrees}$, i.e., the aforementioned book. Furthermore, by the case where 23 degrees shifts to a clockwise rotation and a counterclockwise rotation, the remarkable effect was acquired from the arrangement from which the maximum effect of the time of $67 \text{ degrees} < \alpha < 113 \text{ degrees}$, i.e., the aforementioned this invention, is acquired.

[0104] Although the display mode with which orientation is changing to the abbreviation continuation target as the liquid crystal cell, i.e., the liquid crystal display mode, of the composition of drawing 6 (orientation division was carried out continuously) was used in the examples 1-4 mentioned above, as mentioned above, the scope of this invention is not limited to this at all.

[0105] Improving the angle-of-visibility property in the direction which shifted from the absorption shaft of a polarizing plate 45 degrees by this invention used the display mode with which orientation is changing to the abbreviation continuation target by this example, and it is because an isotropic angle-of-visibility property is acquired.

[0106] An example of the director distribution in a picture element when seeing the liquid crystal display in the division orientation of two division, quadrisection, and continuation division from a transverse plane to drawing 21 is shown. (a-1) is the case where (c-2) performs a black display by continuation orientation, when performing a white display by 2 division orientation, (a-2) performs a black display by 2 division orientation, (b-1) performs a white display by quadrisection orientation, (b-2) performs a black display by quadrisection orientation, and (c-1) performs a white display by continuation orientation. The dashed line in these drawings shows each domain boundary by division orientation. Moreover, the arrow in drawing shows the director of a liquid crystal molecule by making the rising direction of the liquid crystal molecule in the interlayer of a liquid crystal cell into when, as shown in drawing 21 (d).

[0107] When orientation is changing continuously so that I may be understood from this drawing 21 (orientation division was carried out continuously), a thing without this boundary line is the feature. In addition, in drawing 21, division nothing, trichotomy, five division, six division, seven division, etc. are considered. Moreover, various twist angles can be taken respectively.

[0108] Moreover, the right column of drawing 21 and the director distribution of the black display which it was got blocked (a-2) and shown in (b-2) and (c-2) show directly that this invention is not based on a display mode (the division method). That is, in a black display, it is not based on the division method, but the director is the same. Strictly, the profiles of the thickness-of-liquid-crystal-cell direction differ. That the property of examples 1 and 2 using the perpendicular orientation of Nn type liquid crystal is excellent as compared with the property of examples 3 and 4 using the level orientation of Np type liquid crystal originates in the difference in the profile of the cell thick direction. The difference in this profile is explained below concretely.

[0109] When Nn type liquid crystal is used, even if it puts on which position of the cell thick direction at the time of a black display (also setting to any near a vertical substrate and near the center of cell **), the liquid crystal molecule is carrying out orientation of the molecule major axis perpendicularly to the substrate front face. On the other hand, although the liquid crystal molecule near the center of cell ** is carrying out orientation of the molecule major axis perpendicularly to the substrate front face at the time of a black display when Np type liquid crystal is used, orientation is carried out to abbreviation parallel to a perpendicular shell gap substrate front face as a vertical substrate is approached. The difference in the above-mentioned profile says the difference in this orientation state. This orientation state is different, and it originates, and in order that the liquid crystal cell using Nn type liquid crystal may present the ideal refractive-index anisotropy represented with the index ellipsoid shown in drawing 2 as compared with the liquid crystal cell which used Np type liquid crystal, the angle-of-visibility property of the liquid crystal display of examples 1 and 2 is superior to the angle-of-visibility property of examples 3 and 4.

[0110] Book That is, rather than the time of a white display, as long as the value of the local refractive-index anisotropy in a flat surface in general parallel to a liquid crystal cell front face is the liquid crystal cell to which the direction at the time of a black display becomes small, it may use the liquid crystal cell using what display mode.

[0111] Although reference is not made at all about the drive method of a liquid crystal display in the example of this invention, it cannot be overemphasized that this invention can be adapted for any drive methods, such as an active matrix drive which used a passive matrix drive, TFT, etc., and a plasma address drive (PALC) using plasma electric discharge.

[0112]

[Effect of the Invention] since it is possible to offer the liquid crystal display which cancels aggravation of the angle-of-visibility property accompanying the gap from an absorption shaft, and has the angle-of-visibility property of an axial symmetry in general when being based on this invention, as explained in full detail above -- an angle of visibility -- remarkable -- expandable -- and this property -- an omnidirection -- crossing -- abbreviation -- isotropic -- making -- things become possible

[Translation done.]

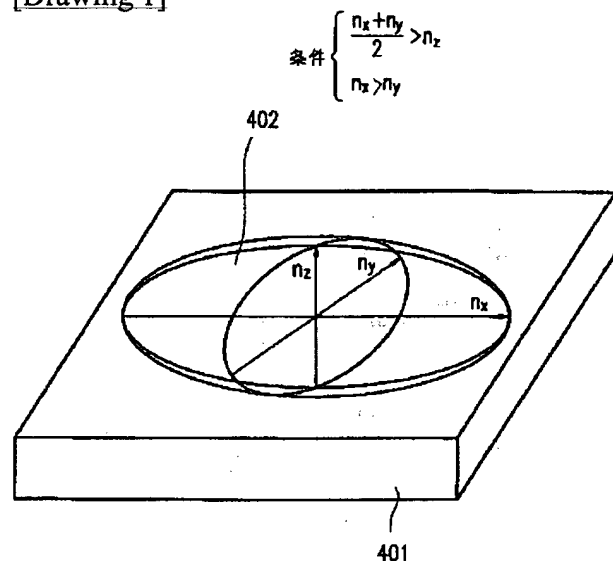
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

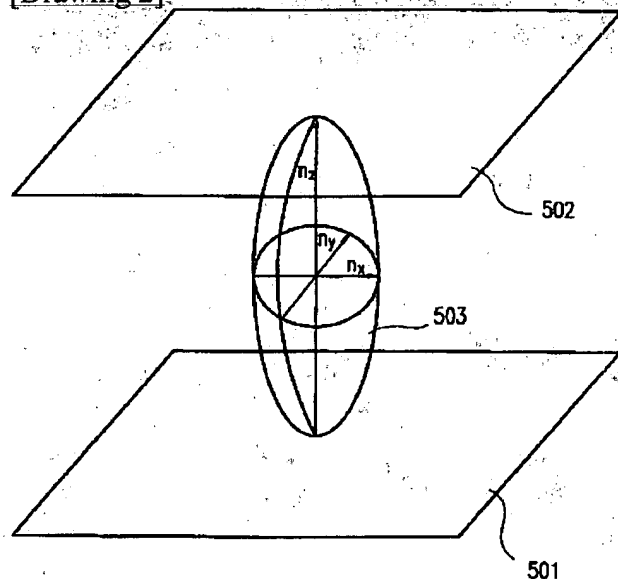
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

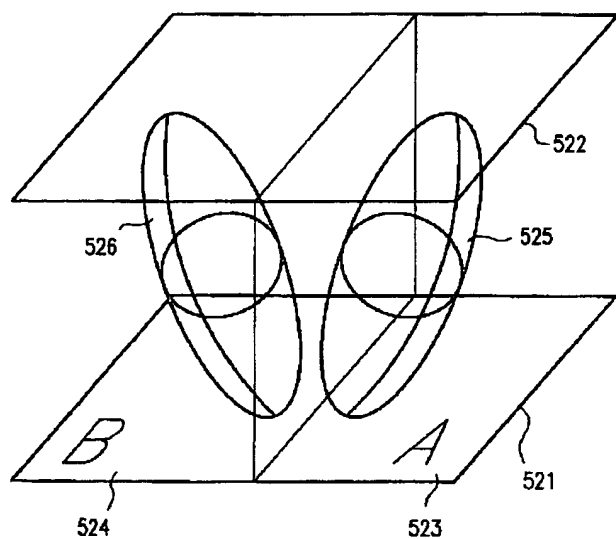
[Drawing 1]



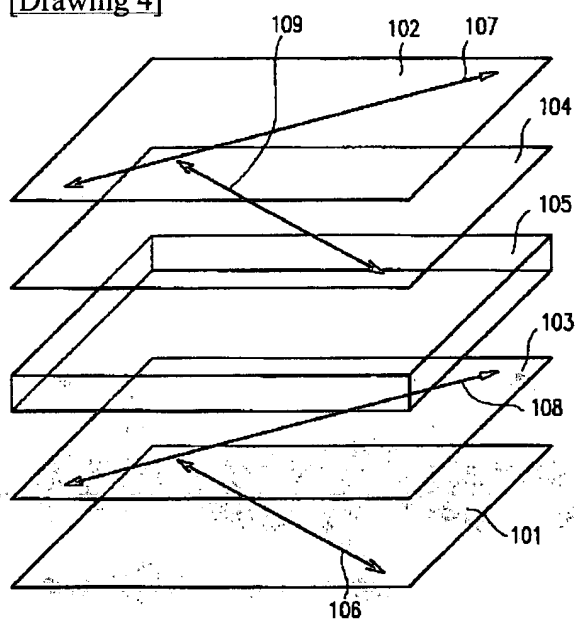
[Drawing 2]



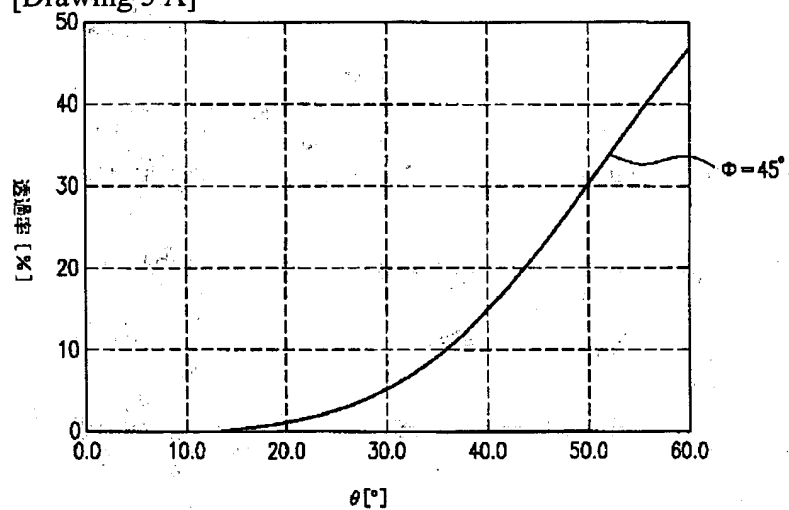
[Drawing 3]



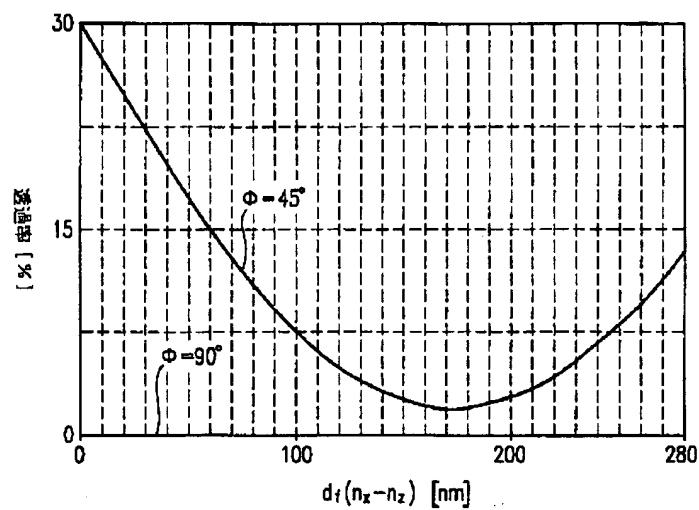
[Drawing 4]



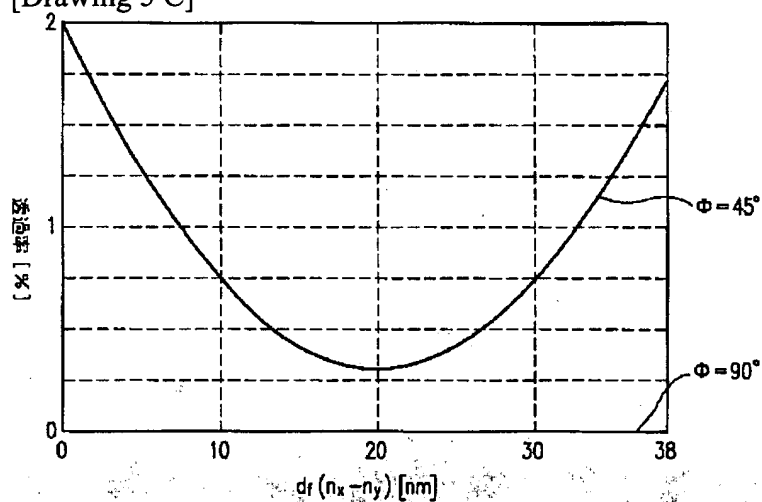
[Drawing 5 A]



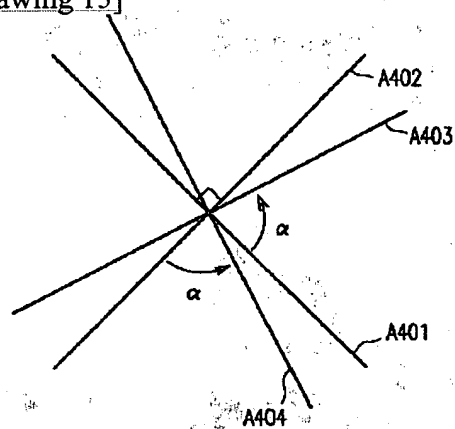
[Drawing 5 B]



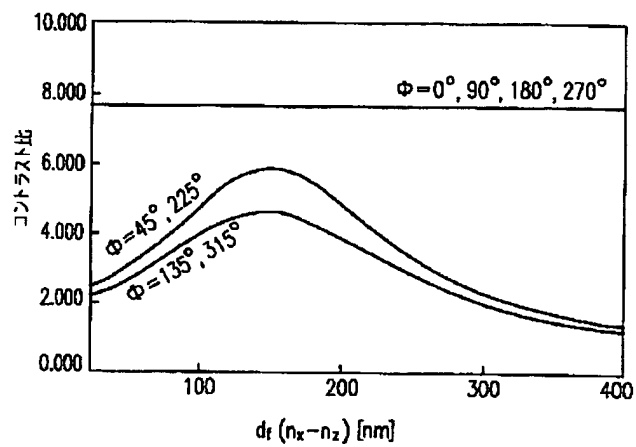
[Drawing 5 C]



[Drawing 13]

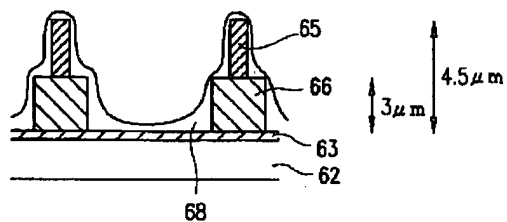


[Drawing 18]

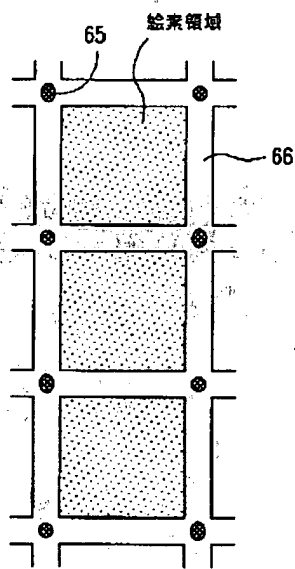


[Drawing 6]

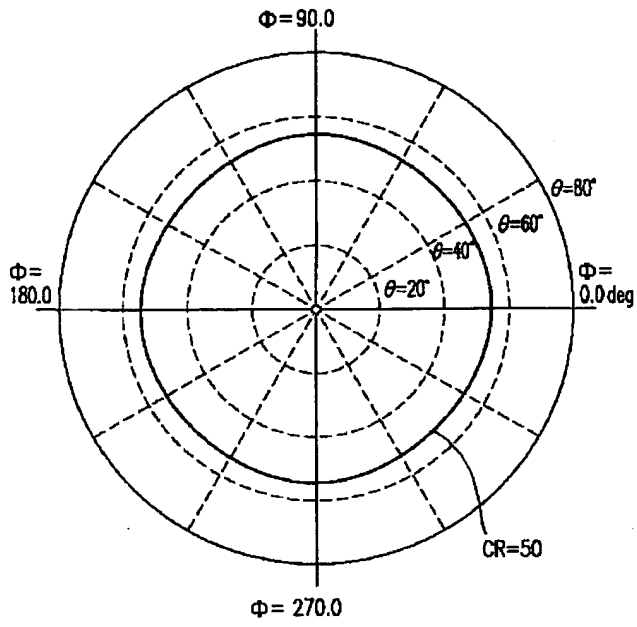
(a)



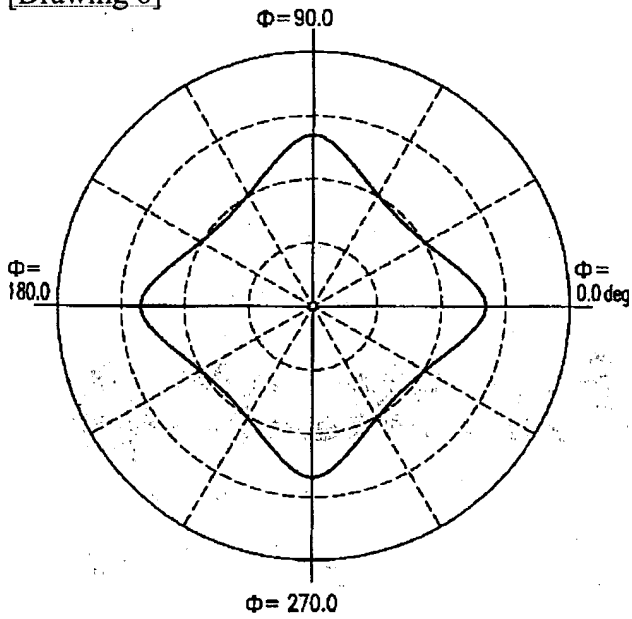
(b)



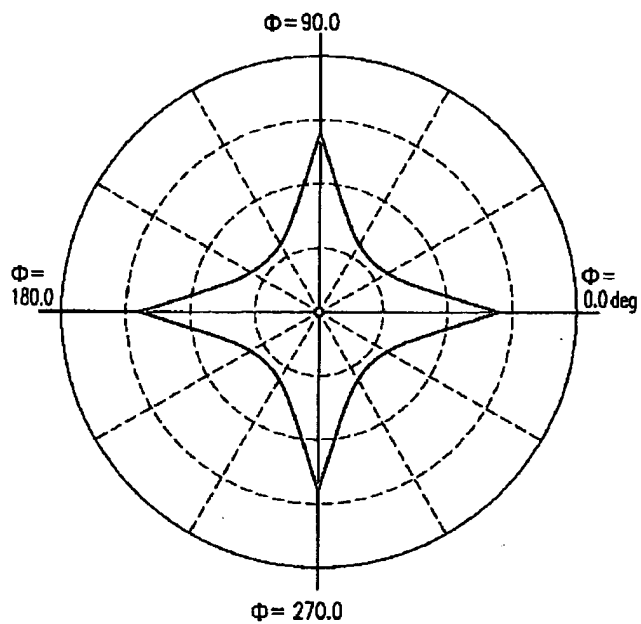
[Drawing 7]



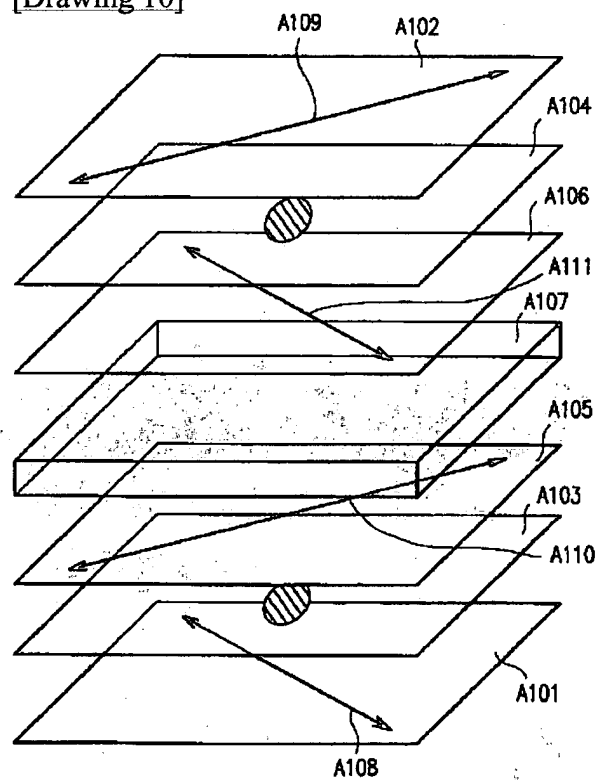
[Drawing 8]



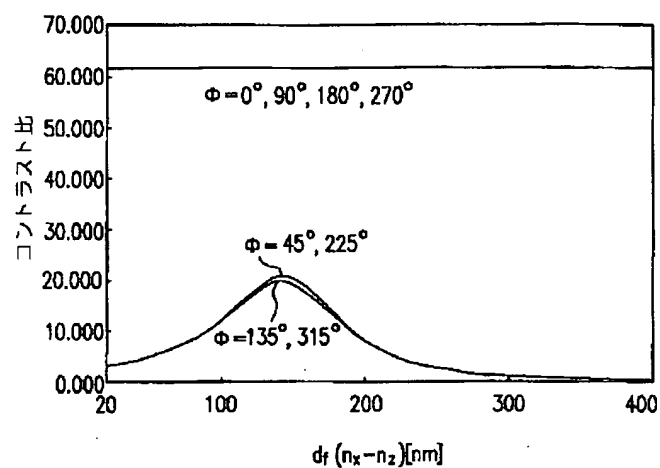
[Drawing 9]



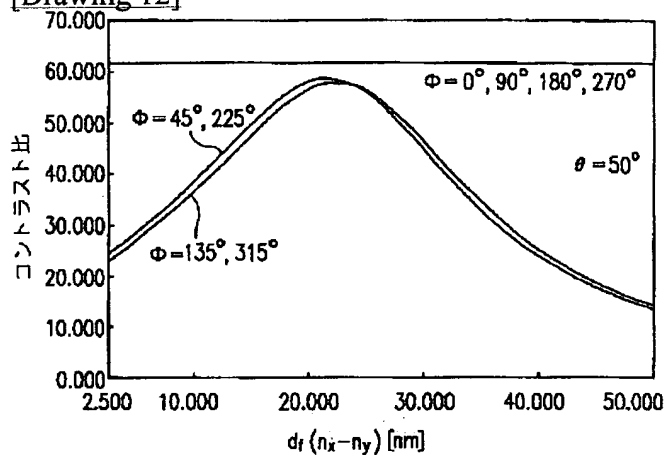
[Drawing 10]



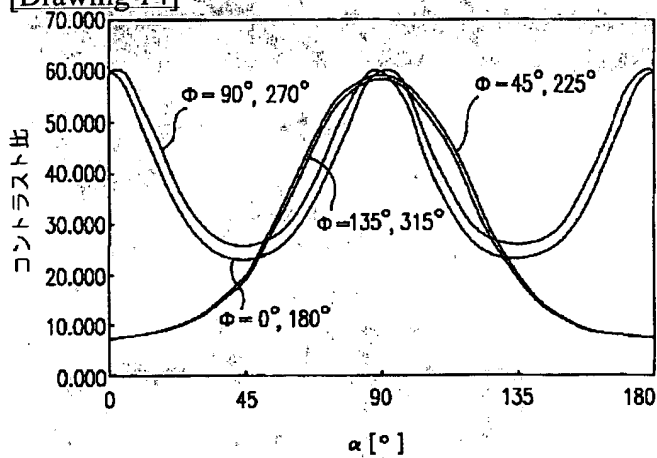
[Drawing 11]



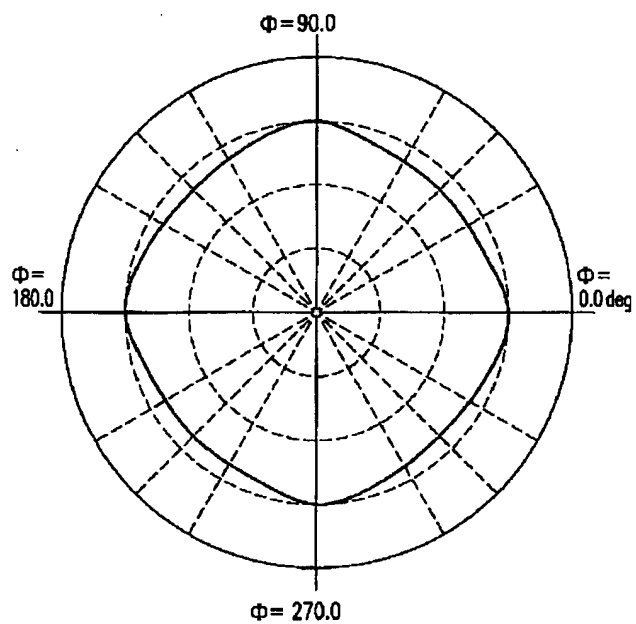
[Drawing 12]



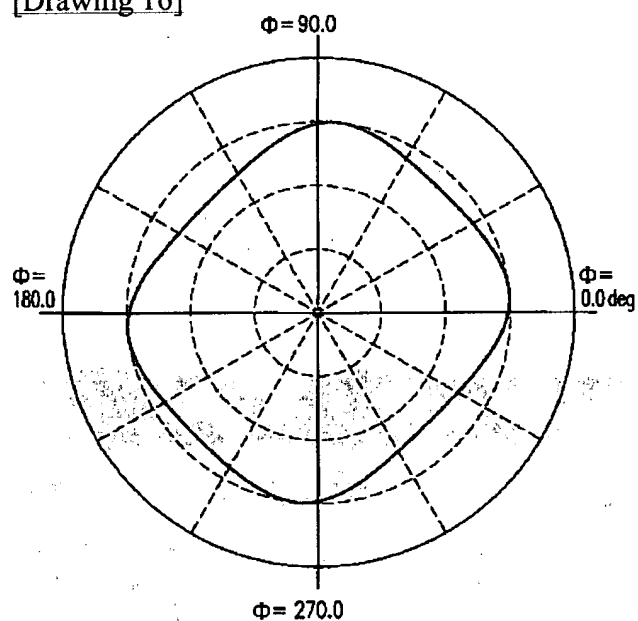
[Drawing 14]



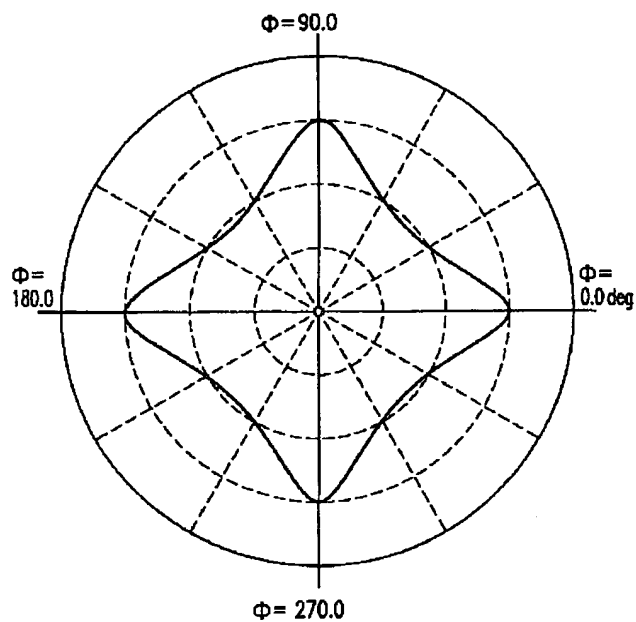
[Drawing 15]



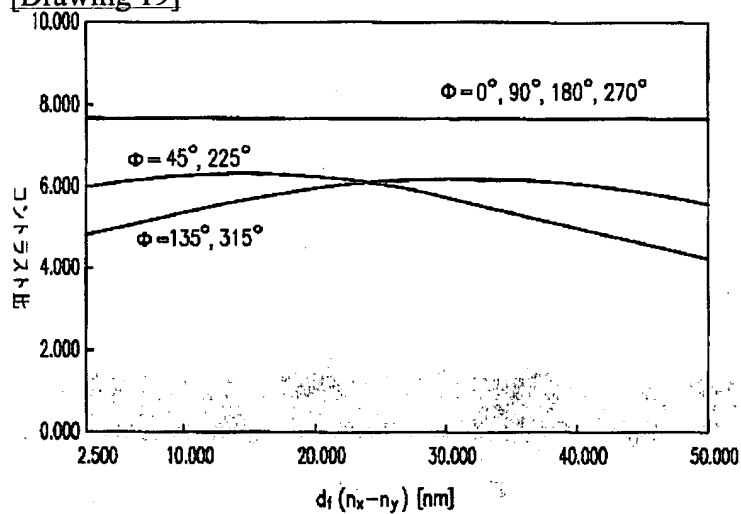
[Drawing 16]



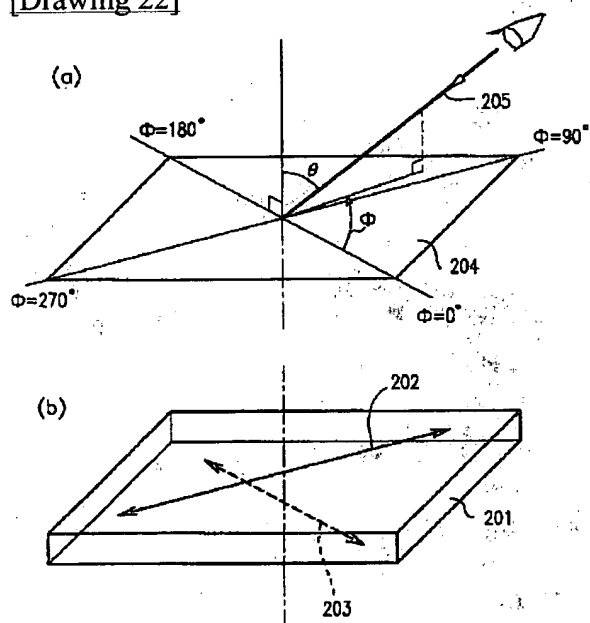
[Drawing 17]



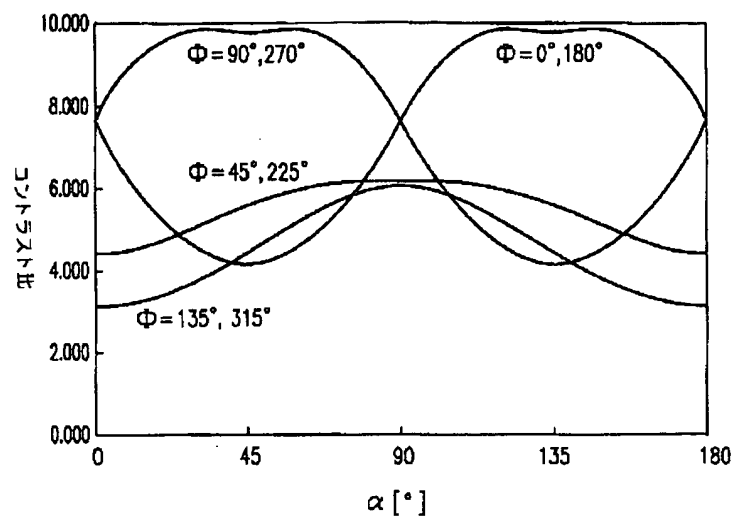
[Drawing 19]



[Drawing 22]

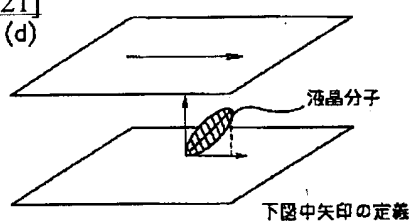


[Drawing 20]



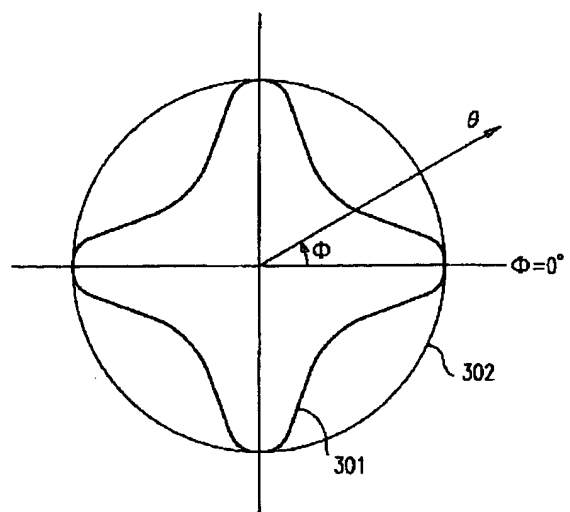
[Drawing 21]

(d)



2 分割 配向	(a-1)	(a-2)
		破線は分割ドメインの境界を示す
4 分割 配向	(b-1)	(b-2)
連続 配向	(c-1)	(c-2)
表示	白 ((d)に示す液晶分子が寝ているとき)	黒 ((d)に示す液晶分子が立っているとき)
印加電圧	低電圧 or 零	高電圧
Np		
Nn	高電圧	低電圧 or 零

[Drawing 23]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-133413

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/1335
G 0 2 B 5/30

識別記号

5 1 0

F I

G 0 2 F 1/1335 5 1 0
G 0 2 B 5/30

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-244178

(22) 出願日 平成10年(1998) 8月28日

(31) 優先権主張番号 特願平9-235136

(32) 優先日 平 9 (1997) 8月29日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 下敷領 文一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 寺下 慎一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 神崎 修一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 視野角特性に優れた液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 偏光板と液晶セルの間に、面内の平均屈折率に比して厚さ方向の屈折率が小さく、かつ面内に屈折率異方性を有するシート状の位相差補償素子を配する。望ましくは、位相差補償素子の面内の最大屈折率に平行な軸と、該位相差補償素子に隣接した偏光板の吸収軸が直交している構成とする。前述の構成により、特に偏光板の吸収軸に対して±45° 方向での斜視時の黒浮きが低減され視野角特性に優れた状態となる。また、本発明においては、液晶表示装置を構成する液晶セルは黒表示時のセル表面内の平均屈折率が厚さ方向の屈折率よりも小さいものであれば水平配向型、垂直配向型、水平垂直ハイブリッド配向型等を含めいかなる表示モードにも適応できる。特に、分割配向、連続配向及び軸対称配向等の広視野角表示モードに適応することで大きな効果を創出する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の基板に挟持された液晶層を有する液晶セルと、

該液晶セルを挟持するとともに直交ニコルの配置された一対の偏光板と、

該一対の偏光板と該液晶セルとの間の少なくとも一方に設けられた位相差補償素子と、を有し、

該液晶層にあっては、該液晶セル表面に平行な面内の局所的な屈折率異方性の値が白表示時よりも黒表示時の方が小さく、且つ、

前記位相差補償素子は屈折率異方性を呈するとともに、直交座標系XYZの主軸x、y、z軸に沿った方向の屈折率を n_x 、 n_y 、 n_z とし主軸zは該液晶セル表面の法線に平行であり、主軸x、yは該液晶セル表面に平行な面内に有ると定義するとき、

$n_z < (n_x + n_y) / 2$ 、且つ、 $n_x > n_y$ である、液晶表示装置。

【請求項2】 前記一対の偏光板と前記液晶セルとの間に、それぞれ第1および第2の位相差補償素子を有する、請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記位相差補償素子がそれぞれ二枚の位相差補償フィルムからなるものであって、前記液晶セルの片側に配された二枚の位相差補償フィルムのうちの一方は、 $n_x = n_y$ 且つ $n_z < n_x$ であり、且つ他方の位相差補償フィルムは $n_y = n_z$ 且つ $n_x > n_y$ である、請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記第1および第2の位相差補償素子の屈折率異方性が略同一である、請求項2または3に記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記第1および第2の位相差補償素子のそれぞれの主軸xが互いに略直交している、請求項2から4の何れか記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記位相差補償素子の主軸xが、各々の位相差補償素子に最隣接の偏光板の吸収軸に直交する軸との成す角度が $\pm 45^\circ$ である、請求項1から5の何れかに記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記位相差補償素子の主軸xが、各々の位相差補償素子に最隣接の偏光板の吸収軸に略直交する、液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、液晶表示装置に関する。特に、パーソナルコンピュータ、ワードプロセッサ、アミューズメント機器、テレビジョン装置などの平面ディスプレイやシャッタ効果を利用した表示装置などに好適に用いられる広視野角特性を有する液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 液晶表示装置の広視野角化の手法としては、液晶分子を基板表面に対して概ね平行に運動させる

方式と、液晶分子の運動は基板表面に対して垂直のまま一つ一つの絵素内の配向を複数に分割する方式とがある。

前者の代表的な方式としては、IPS (In-Plane Switching) モードが挙げられる。後者の方式の例としては、Np型液晶 (ネマチック相ポジ型液晶) を軸対称状に水平配向させた広視野角液晶表示モード (特開平7-120728号公報)、垂直配向したNn型液晶 (ネマチック相ネガ型液晶) を電界制御によって動作時に分割配向する広視野角液晶表示モード (特開平7-28068号公報)、および、AM-LCD' 96, p. 185 (1996) に開示された、Np型液晶を絵素内で略4分割して水平配向させた広視野角液晶表示モード等が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、後者の方式である絵素内の配向を分割する表示モードでは、総じて、図22及び図23に示すように、液晶セル201を挟んで設けた上偏光板の吸収軸202と下偏光板の吸収軸203とを二等分する軸方向での視野角特性が、吸収軸の方向の視野角特性に比して著しく悪くなるという問題があった。すなわち、図22(a)に示すような、視野角を定義するための液晶セルに平行な仮想平面204の法線からの見る角度である視野角を θ とし、その見る方向の下偏光板の吸収軸203 ($\Phi = 0^\circ$ とする) からの角度を方位角 Φ とした極座標系を定義して視野角特性を評価すれば、等コントラスト・コンター曲線は、表示モードに関わらず総じて図23に示す曲線301のようになる。つまり、方位角 Φ が上、下偏光板の吸収軸からずれるにしたがって視野角が狭くなるという問題があった。なお、図23における曲線302は、本発明において得ることを目的とする等コントラスト・コンター曲線を示す。

【0004】 本発明は、このような従来技術の課題を解決すべくなされたものであり、吸収軸からのずれに伴う視野角特性の悪化を解消し、概ね軸対称の視野角特性を有する液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の液晶表示装置は、一対の基板に挟持された液晶層を有する液晶セルと、該液晶セルを挟持するとともに直交ニコルの配置された一対の偏光板と、該一対の偏光板と該液晶セルとの間の少なくとも一方に設けられた位相差補償素子と、を有し、該液晶層にあっては、該液晶セル表面に平行な面内の局所的な屈折率異方性の値が白表示時よりも黒表示時の方が小さく、且つ、該位相差補償素子は屈折率異方性を呈するとともに、直交座標系XYZの主軸x、y、z軸に沿った方向の屈折率を n_x 、 n_y 、 n_z とし主軸zは該液晶セル表面の法線に平行であり、主軸x、yは該液晶セル表面に平行な面内に有ると定義するとき、 $n_z < (n_x + n_y) / 2$ 、且つ、 $n_x > n_y$ であり、そ

のことによって上記目的が達成される。

【0006】前記一对の偏光板と前記液晶セルとの間に、それぞれ第1および第2の位相差補償素子を有する構成としても良い。

【0007】前記位相差補償素子がそれぞれ二枚の位相差補償フィルムからなるものであって、前記液晶セルの片側に配された二枚の位相差補償フィルムのうちの一方は、 $n_x = n_y$ 且つ $n_z < n_x$ であり、且つ他方の位相差補償フィルムは $n_y = n_z$ 且つ $n_x > n_y$ である構成としても良い。

【0008】前記第1および第2の位相差補償素子の屈折率異方性が略同一であってもよい。

【0009】前記第1および第2の位相差補償素子のそれぞれの主軸 x が互いに略直交していても良い。

【0010】前記位相差補償素子の主軸 x が、各々の位相差補償素子に最隣接の偏光板の吸収軸に直交する軸との成す角度が $\pm 45^\circ$ であっても良い。

【0011】前記位相差補償素子の主軸 x が、各々の位相差補償素子に最隣接の偏光板の吸収軸に略直交する構成としても良い。

【0012】以下に、本発明の作用につき説明する。

【0013】本発明は、図1に示すように、液晶表示セル表面に平行な面内の平均屈折率 (n_x 、 n_y) が厚さ方向の屈折率 (n_z) に比べて大きく、かつ面内に屈折率異方性 ($n_x > n_y$) を有する位相差補償素子を、液晶セルと偏光板との間に挿入する。すると、偏光板の吸収軸からのずれに伴う視野角特性の悪化が解消されることとなる。

【0014】本発明で用いる位相差補償素子の屈折率に関する条件は、図1に示す通り、 $n_z < (n_x + n_y) / 2$ 、 $n_x > n_y$ なる2条件である。なお、複数の位相差板（または位相差フィルム）で位相差補償素子を構成した場合であっても、素子全体として上記2条件が満たされていればよい。なお、図1中における401は本発明で用いる位相差補償素子を示し、402はその屈折率楕円体である。

【0015】また、液晶表示装置にて白表示および中間階調表示を行うとき、透過率変化および色付き等を最適化する観点から、面内の屈折率異方性の軸と偏光板の吸収軸との成す角度を調整することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】まず、個々の形態の液晶表示装置について説明することは避け、包括的な説明を行なう。

【0017】本発明の適応される液晶セルに必要な条件は、上述した通り、「液晶セル表面に概ね平行な平面内の局所的な（即ち、該液晶層が分離配向されている場合においては略同一配向とみなされる領域の）屈折率異方性の値が、白表示時よりも黒表示時の方が小さい」ことである。即ち、本発明が適応される液晶セルは、黒表示時において、図2に示すように正の一軸性の位相差板に

近似できる。ここで、501は液晶セルの下基板、502はその上基板であり、503は黒表示時の液晶層の屈折率異方性を代表して示す屈折率楕円体である。

【0018】実際の液晶セルでは電圧印加時の配向を規定するために黒表示時であっても液晶層を代表する屈折率楕円体は基板の法線方向から傾斜しているものがある。例えば配向が2分割されている場合、図3に示すように領域Aと領域Bの屈折率楕円体の長軸は、基板表面の法線からわずかに傾斜している。図3は液晶の配向を2分割した液晶セルの黒表示時の屈折率異方性を代表する屈折率楕円体を示す。この図3において、521は下基板、522は上基板、523はドメインA、524はドメインBであり、525はドメインAにおける液晶層の屈折率異方性を示す屈折率楕円体、526はドメインBにおける液晶層の屈折率異方性を示す屈折率楕円体である。この様な場合には、その傾斜角が大きくなるのにもなつて図2の近似との差異が拡大していき、本発明の発明の効果は減少する。しかしながら、一般的に用いられる液晶表示装置では本発明の効果が完全に消失することはない。後述の実施例で述べるが、一般的には、垂直配向膜とNn型液晶で構成される液晶表示装置は水平配向膜とNp型液晶で構成される液晶表示装置に比べて前記傾斜角度が小さい。即ち、本発明は垂直配向膜とNn型液晶で構成される液晶表示装置に適用することによりより大きな効果を発揮する。

【0019】以上において説明したように、本発明の本質は、黒表示時の液晶セルが概ね図2の近似が成立する総ての場合に共通する。従って、以下の説明では、黒表示時の液晶表示装置に注目し、図2に示した黒表示時の液晶セルの屈折率異方性を代表する屈折率楕円体に等価な屈折率楕円体を有する位相差フィルムを液晶セルの代わりに用いて本発明の内容を説明する。

【0020】図4に示す液晶表示装置の構成において、液晶セル105を $dLC \cdot (n_z - n_x) = 350nm$ 、 $n_x = n_y$ なる正の一軸性の位相差フィルムに置き換えた装置を作製した。図4において、101は下偏光板、102は上偏光板、103は下位相差補償素子、104は上位相差補償素子、106は下偏光板の吸収軸、そして107は上偏光板の吸収軸である。108、109については後述する。

【0021】図5Aに示すように、クロスニコルに配した偏光板で正の一軸性の位相差フィルムを挟んだ装置を上下偏光板の吸収軸を二等分する方向に沿って（以下では $\Phi = 45^\circ$ ）、視角 (θ) を変化させつつ観察すると、透過率（図では透過率100%をパラレルニコル配置した偏光板のみの正面透過率と定義した）が増加する。即ち、黒表示状態の液晶セルで斜視時に光漏れが生じる。その結果、コントラストが低下する。

【0022】更に、周知のように、図5Bに示すように、前記現象は図4に示した位相差補償素子103、1

04に負の一軸性の位相差フィルムを用いることで改善できる。図5Bは、位相差補償素子103、104として、 $n_x = n_y > n_z$ であって、 $d_f \cdot (n_x - n_z)$ (d_f は位相差補償素子の厚さ)を0nm~280nmまで変化させ、 $\Phi = 45^\circ$ (光源側下偏光板の吸収軸の方向を $\Phi = 0^\circ$ とする)及び $\Phi = 90^\circ$ (上下偏光板の吸収軸に対して平行または直交する方向)であって、かつ $\theta = 50^\circ$ (図4の装置表面の法線から 50° 傾いた方向)での透過率を測定した結果である。 $\Phi = 90^\circ$ の透過率は $d_f (n_x - n_z)$ の値によらずほぼ0%であった。一方、 $\Phi = 45^\circ$ の透過率は $d_f (n_x - n_z)$ の値が0から増加するにしたがって減少し、 $d_f (n_x - n_z) = 175$ で最小値2%をとる。ここまでは、周知である。

【0023】本発明は、前記 $n_x = n_y > n_z$ なる位相差補償素子を、 $n_x \neq n_y$ 、 $(n_x + n_y) / 2 > n_z$ なる位相差補償素子に置き換えることにより、 $\Phi = 45^\circ$ での最小値を2%よりも更に小さくするものである。

【0024】図5Cは、位相差補償素子103、104を、各々のx軸を108、109に一致させた、 $n_x > n_y$ 、 $(n_x + n_y) / 2 > n_z$ なる位相差補償素子 (図1と同等)とし、 $d_f \{ (n_x + n_y) / 2 - n_z \} = 175 \text{ nm}$ を保ちつつ、 $d_f (n_x - n_y)$ を0nm~38nmまで変化させ、 $\Phi = 45^\circ$ 及び $\Phi = 90^\circ$ であって、 $\theta = 50^\circ$ での透過率を測定した結果である。なお、108は下位相差補償素子の最大屈折率を示す軸であり、109は上位相差補償素子の最大屈折率を示す軸である。

【0025】 $\Phi = 90^\circ$ の透過率は $d_f (n_x - n_y)$ の値によらずほぼ0%であった。一方、 $\Phi = 45^\circ$ の透過率は $d_f (n_x - n_y)$ の値が0から増加するにしたがって減少し、 $d_f (n_x - n_y) = 20 \text{ nm}$ で最小値0.3%となった。

【0026】即ち、図1に示す位相差補償素子を用いる本発明の構成によって、周知の構成の場合に比して、 $\Phi = 90^\circ$ 、 $\theta = 50^\circ$ の光漏れを1/7に低減できた。この効果は、直ちに斜視時のコントラスト向上、即ち視野角特性の向上につながる。何故なら、コントラストは黒レベルの逆数に比例するからである。

【0027】以上で示したとおり、本発明の手法、即ち $n_z < (n_x + n_y) / 2$ であって、かつ $n_x \neq n_y$ なる位相差補償素子を用い、 n_x 、 n_y 、 n_z の値を適切に選ぶことで、特に上下偏光板の吸収軸を二等分する方向で、斜め方向から観測した場合の光漏れが著しく抑制できることが示された。このことは、同時に上下偏光板の吸収軸を二等分する方向でのコントラスト比の視野角特性の改善効果を示している。

【0028】以下に、本発明の具体的な実施例を説明する。

【0029】(実施例1) 本発明の実施例1の液晶表示

装置は、図4に示す構成とした。

【0030】図4の液晶セル105は、本願発明者等の提案したNn型液晶を軸対称状に垂直配向させた広視野角液晶表示モードであり、特願平8-341590号に記載の図6に示す液晶セルである。この液晶セル105の構成は、以下の通りである。

【0031】即ち、表面に透明電極63 (ITO: 100nm) が形成された基板62上に、感光性ポリイミドを用いて、高さ約4.5 μm のスペーサー65を絵素領域外に形成した。その後で、OMR83 (東京応化社製) で高さ約3 μm の凸部66を形成した。凸部66で包囲される領域の大きさは、100 $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ とし、1絵素 (100 $\mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$) にこの領域を3つ形成した。その上に、JALS-204 (日本合成ゴム社製) をスピンコートし、垂直配向層68を形成した。さらに、もう一方の基板の透明電極 (平坦な) 上にも同じ材料を用いて、垂直配向層 (図示せず) を形成した。両者を貼り合わせて液晶セルを完成させた。

【0032】作製した液晶セル中に、Nn型液晶材料 (メルク社製MJ95955、セルギャップ4.5 μm で左ネジレ90°ツイストとなるようにカイラル材料を混入) を注入し、電圧を7V印加した。電圧印加直後、初期状態で、軸対称配向の配向軸が複数存在する状態となり、さらに、電圧印加状態を続けると凸部66で包囲された領域ごとに1つの軸対称配向領域 (モノドメイン) が形成された。

【0033】このような液晶セルに、二軸延伸法により作製した、厚さ $d_f = 50 \mu\text{m}$ 、 $d_f (n_x - n_y) = 25 \text{ nm}$ 、 $d_f \{ (n_x + n_y) / 2 - n_z \} = 130 \text{ nm}$ の位相差板を、位相差補償素子103、104として図4に示すように配置した。更に、外側に偏光板101、102をクロスニコル状態になるよう配置した。

【0034】本実施例の液晶表示装置を、大塚電子 (株) 製光学特性測定器LCD5000を用いて、駆動電圧 $V_{off} = 2 \text{ V}$ にて黒表示させたときの透過率の視野角特性を測定し、ついで駆動電圧 $V_{on} = 5 \text{ V}$ にて白表示させたときの透過率の視野角特性を測定し、更に白表示時の透過率を黒表示の透過率で除しコントラスト比の視野角特性を得た。

【0035】図7は、その結果を基にしたコントラスト比50の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0036】(比較例1) 本発明の実施例1に対応する比較例について以下に説明する。

【0037】本比較例1では、実施例1と同様に、図4に示す液晶表示装置と同様の構成のものを用いた。但し、本比較例1で用いた板状の位相差補償素子は、厚さ $d_f = 50 \mu\text{m}$ 、 $d_f (n_x - n_y) = 0 \text{ nm}$ 、 $d_f \{ (n_x + n_y) / 2 - n_z \} = 130 \text{ nm}$ とした。

【0038】図8は、この液晶表示装置を実施例1と同

様の手法で測定したコントラスト比50の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0039】(比較例2)本発明の実施例1に対応する比較例について以下で説明する。

【0040】本比較例2では、実施例1と同様に、図4に示す液晶表示装置と同様の構成のものを用いた。但し、本比較例2では位相差補償素子を用いていない。

【0041】図9は、この液晶表示装置を実施例1と同様の手法で測定したコントラスト比50の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0042】上述した図7、図8及び図9を比較すれば、 $\Phi=0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° ではいづれもコントラスト50の等コントラスト線は概ね $\theta=55^\circ$ と同一の値を示している。しかしながら、 $\Phi=45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° でのコントラスト50の等コントラスト・コンター曲線は、比較例2の図9では概ね $\theta=23^\circ$ 、比較例1の図8では概ね $\theta=38^\circ$ であるのに比して、実施例1の図7では概ね $\theta=53^\circ$ である。

【0043】以上まとめると、比較例1、2及び実施例1では $\Phi=0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° での視野角特性は概ね同一かつ良好である。しかし、 $\Phi=45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° では比較例2の液晶表示装置の視野角特性は著しく劣っている。比較例1の液晶表示装置は、これに一定の改善が成された。更に実施例1では、これをほぼ完全に改善し、 $\Phi=45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° の視野角特性を $\Phi=0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° の視角特性とほぼ等しい程度に拡大した。即ち、実施例1ではほぼ完全に等方的な、かつ良好な視野角特性が得られた。

【0044】また、実施例1では、位相差補償素子として、厚さ $d_f=50\mu\text{m}$ 、 $d_f(n_x-n_y)=25\text{nm}$ 、 $d_f\{(n_x+n_y)/2-n_z\}=130\text{nm}$ の位相差フィルムを各々1枚ずつ用いたが、本発明は何らこれに限定されることなく、位相差補償素子として同等の特性を示すものであれば、複数の位相差フィルムあるいは液晶セル等を組み合わせ用いてもよい。

【0045】(実施例2)ところで、実施例1では $d_f(n_x-n_y)=25\text{nm}$ 、 $d_f\{(n_x+n_y)/2-n_z\}=130\text{nm}$ なる2枚の位相差フィルム(位相差補償素子)で液晶セルを挟んだ場合のみを示した。このとき、各々の位相差補償素子はx軸を最隣接の偏光板の吸収軸に直交するように配置した場合のみの検討であった。

【0046】そこで、本実施例2では、 $d_f\{(n_x+n_y)/2-n_z\}$ の値、 $d_f(n_x-n_y)$ の値、及び偏光板の吸収軸と位相差板のx軸とのなす角度について、各々独立に変化させることで本発明の効果が創出される範囲を見積もった。但し、本実施例2では、 n_x 、 n_y 、 n_z すべての値が異なる位相差フィルムを用いる

代りに、図10に示すように、 $n_x=n_y>n_z$ の第1の位相差フィルムと、 $n_x>n_y=n_z$ の第2の位相差フィルムとを組み合わせた位相差補償素子を用いた。

【0047】なお、図10において、A101は下偏光板、A102は上偏光板、A103は第1の下位相差フィルム($n_x=n_y>n_z$)、A104は第1の上位相差フィルム($n_x=n_y>n_z$)、A105は第2の下位相差フィルム($n_x>n_y=n_z$)、A106は第2の上位相差フィルム($n_x>n_y=n_z$)、A107は液晶セル、A108は下偏光板の吸収軸、A109は上偏光板の吸収軸、A110は第2の下位相差フィルムA105のx軸、A111は第2の上位相差フィルムA106のx軸である。

【0048】ここで、位相差補償素子を用いたのは、以下の二つの理由による。

(a) 本発明の効果が創出される範囲を容易かつ詳細に調べることができるからである。

(b) 複数の位相差フィルムを組み合わせた位相差補償素子によっても本発明の効果が創出できることを示すためである。

【0049】 $[d_f(n_x-n_z)]$ の変化] 図10のような配置において(但し、第2の位相差フィルムA105、A106は取り除いた状態で)、 $n_x=n_y>n_z$ なる厚さ d_f の第1の位相差フィルムの $d_f(n_x-n_z)$ 値を $20\text{nm}\sim 400\text{nm}$ まで変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta=50^\circ$ 、 $\Phi=0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° そして 315° である。

【0050】図11は、測定の結果を示す図である。

【0051】この図11により理解されるように、 $\Phi=0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° では、 $d_f(n_x-n_z)$ 値によらず、ほぼ一定の良好なコントラスト値を示している。一方、 $\Phi=45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° では、 $d_f(n_x-n_z)$ の値がほぼ 140nm のときに最大のコントラストが得られた。尚、図11に示した通り、前記最適値以外でも、 $20\text{nm}<d_f(n_x-n_z)<250\text{nm}$ の範囲ではコントラスト向上の効果があり、更に $90\text{nm}<d_f(n_x-n_z)<190\text{nm}$ の範囲ではその効果が顕著であった。

【0052】周知のように、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f(n_x-n_z)\}$ は、補償される液晶セルの $d_{LC}\cdot\Delta n$ 値(セル厚 d_{LC} と、用いた液晶の $\Delta n(=|n_e-n_o|)$ との積)に対する相対値で議論すべきである。本実施例2でもその考えを踏襲する。本実施例2で用いた液晶(メルク社製MJ95955)の Δn は概ね 0.077 、セル厚は $4.5\mu\text{m}$ であるから、液晶セルの $d_{LC}\cdot\Delta n$ は 347nm である。従って、本

発明の効果が得られる範囲は、位相差補償素子のリタデ

ーション値 $\{=d_f(n_x - n_z)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の0%~72%の間であり、著しい効果が得られるのは25%~55%の間であり、最大の効果が期待できるのは概ね40%の場合である。

【0053】本実施例2では、位相差補償素子を液晶セルの両側に配置した場合であり、片側一方に配置した場合には、前記の各値を各々略2倍すればよい。この場合において、本発明の効果が得られる範囲は、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f(n_x - n_z)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の0%~144%の間であり、著しい効果が得られるのは50%~110%の間であり、最大の効果が期待できるのは概ね80%となる。

【0054】本実施例2では、位相差補償素子の各々を2枚の位相差フィルムによって構成したが、3枚以上の位相差フィルムあるいはフィルム以外のもの、例えば液晶セル、液晶性高分子膜等で位相差補償素子を構成してもよい。

【0055】 $\{d_f(n_x - n_y)$ の変化] 次に、図10の配置で、 $n_x > n_y = n_z$ なる厚さ d_f の第2の位相差フィルムの $d_f(n_x - n_y)$ 値を0nm~50nmまで変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。但し、第1の位相差フィルムは、 $d_f(n_x - n_z) = 140\text{nm}$ とした。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta = 50^\circ$ 、 $\Phi = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° そして 315° である。

【0056】図12は、その測定の結果を示す図である。

【0057】この図12により理解されるように、 $\Phi = 0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° では、 $d_f(n_x - n_y)$ 値によらず、ほぼ一定の良好なコントラスト値が得られている。一方、 $\Phi = 45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° では、 $d_f(n_x - n_y)$ の値がほぼ22.5nmのときに最大のコントラストが得られた。尚、図12に示した通り、最適値22.5nm以外でも、 $2.5\text{nm} < d_f(n_x - n_y) < 45\text{nm}$ の範囲ではコントラスト向上の効果があり、更に $10\text{nm} < d_f(n_x - n_y) < 35\text{nm}$ の範囲ではその効果が顕著であった。

【0058】ここで、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f(n_x - n_y)\}$ を、補償される液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値 (この実施例の場合、 $d_{LC} \cdot \Delta n = 347\text{nm}$) に対する相対値で議論する。

【0059】本発明の効果が得られる範囲は、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f(n_x - n_y)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の0%~13%の間であり、著しい効果が得られるのは2%~10%の間であり、最大の効果が期待できるのは概ね6.5%の場合である。

【0060】[上下位相差補償素子のx軸(面内で最大屈折率を示す軸)軸の成す角度] 本発明では液晶セルの

上下に配置した位相差補償素子の、x軸は概ね直交させてある。その理由は、液晶表示装置を正面から見たときのコントラストの低下を避けるためである。2枚の位相差補償素子のx軸が直交していなければ、位相差補償素子全体で面内位相差が生じるため、良好な黒表示が得られず、コントラストが低下することは容易に推察できるからである。

【0061】[位相差補償素子の配置、x軸と偏光板の吸収軸の成す角度の変化] 前述した実施例1では、液晶セルの上下に配置した位相差補償素子のx軸(最大屈折率を示す軸)は、それに最隣接した偏光板の吸収軸に直交に配置してあった。本実施例2では、x軸と最隣接の偏光板の吸収軸との直交関係のずれと本発明の効果の関係を調べた。

【0062】具体的には、 $d_f(n_x - n_z) = 140\text{nm}$ 、 $n_y = n_x$ の条件を満たす位相差フィルム(第1の位相差フィルム)と、 $d_f(n_x - n_y) = 22.5\text{nm}$ 、 $n_z = n_y$ の条件を満たす位相差フィルム(第2の位相差フィルム)を、図10のように積層し、上下に配した第2の位相差フィルムの各x軸(面内での最大屈折率に平行な軸)の直交関係を維持しつつ、第2の位相差フィルムのx軸と最隣接の偏光板の吸収軸との成す角度 α (図13参照)を時計回りの回転を正として、 $0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ の範囲で変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta = 50^\circ$ 、 $\Phi = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° そして 315° である。

【0063】図14は、測定結果を示す図である。

【0064】この図14による場合には、 $\Phi = 0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° は $\alpha = 0^\circ$ 、 90° 、 180° の3点で最大値をとるが、 $\Phi = 45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° は $\alpha = 90^\circ$ のみで、即ち位相差補償素子のx軸が最隣接偏光板の吸収軸と直交する配置でのみ最大値をとる。

【0065】従って、本発明の効果を最大限に得るためには、 $\alpha = 90^\circ$ 、即ち位相差補償素子の面内での最大屈折率を示す軸 n_x と、それに最隣接の偏光板の吸収軸とが直交するときである。また、図14によれば、 $45^\circ < \alpha < 135^\circ$ のとき、即ち前記本発明の効果の得られる配置から時計回り及び反時計回りに 45° ずれた場合でも本発明の効果が得られることが解る。さらには、 $67^\circ < \alpha < 113^\circ$ のとき、即ち前記本発明の最大効果の得られる配置から時計回り及び反時計回りに 23° ずれた場合では著しい効果が得られた。

【0066】実施例1、2では、液晶表示モードとして図6に示す構成のものを用いたが、本発明の適用できる液晶表示モードは何らこれに限定されるものではない。即ち、請求項1に記載の条件を満たす液晶セルであれば如何なる表示モードを用いた液晶セルでもよい。

【0067】（実施例3）上述した実施例1、2では垂直配向したN_n型液晶を分割配向させた代表的な液晶表示モードに対して、本発明の位相差補償技術を適応した場合の例であった。本実施例3と後述の実施例4では、水平配向したN_p型液晶を分割配向させた代表的な液晶表示モードに対して、本発明の位相差補償技術を適応する。

【0068】本実施例3の液晶表示装置の構成も、図4に示すものと同様である。

【0069】図4の液晶セルは、本願発明者等の提案したN_p型液晶を軸対称状に水平配向させた広視野角液晶表示モードのものである。その液晶セルの作製法の一例を挙げれば以下の通りである。無論、作製法はこれに限定されるものではない。

【0070】前述の図6を参照しながら、本実施例の液晶表示装置の製造方法を説明する。

【0071】表面に透明電極63（ITO＝膜厚100nm）が形成された基板62上に、感光性ポリイミドを用いて高さ約4.5μmのスペーサー65を絵素領域外に形成した。その後でOMR83（東京応化製）で高さ約3μmの凸部66を形成した。凸部66で包囲される領域、即ち絵素領域の大きさは100μm□とした。垂直配向層68は形成せず。

【0072】このように形成した基板を、もう一方の基板である、透明電極を有し、かつ平坦な形状の基板と貼り合わせて液晶セルを完成させた。

【0073】作製した液晶セル中に、光硬化性樹脂としてR-684（日本化薬製）0.1g、光重合抑制剤としてp-フェニル・スチレン0.1g、液晶材料としてMS90847（メルク社製：S811を0.4重量%混有）3.74g及び光開始剤Irgacure651を0.025g混合した混合物を注入した。

【0074】その後、液晶セルを、液晶の透明点温度以上の110℃に加熱し、1時間保持した。その後、0.1℃/minで室温まで徐冷した。徐冷の途中で、絵素内に透明相と非透明相とが観測され、かつ透明相と非透明相の面積がほぼ同一になったとき、徐冷を一旦停止し、液晶セルに約2.5Vrmsの矩形波を断続的に印加し、またセルの温度を適切に上下し、良好な軸対称配向を得た後、電圧印加を止め徐冷を再開した。最後に、紫外線を照射し光硬化性樹脂R-684を硬化させることで軸対称配向を固定し、液晶セルの作製を完了した。

【0075】この液晶セルに、二軸延伸法により作製した、厚さd_f=50μm、d_f(n_x-n_y)=25nm、d_f{(n_x+n_y)/2-n_z}=130nmの位相差補償素子としての位相差フィルム103、104を図4の様に配置した。更に、その外側に偏光板101、102を配置して、液晶表示装置を完成させた。

【0076】本実施例3の液晶表示装置を、大塚電子（株）製の光学特性測定器LCD5000を用いて、駆

動電圧V_{on}=7.3Vにて黒表示させたときの透過率の視野角特性を測定し、ついで駆動電圧V_{off}=2.3Vにて白表示させたときの透過率の視野角特性を測定し、更に白表示時の透過率を黒表示の透過率で除しコントラスト比の視野角特性を得た。

【0077】図15は、その結果をもとにコントラスト比5の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0078】（比較例3）本発明の実施例3に対応する比較例3について以下で説明する。

【0079】本比較例3では、実施例3と同様に、図4に示す液晶表示装置の構成のものを用いた。但し、本比較例3で用いた位相差板は、厚さd_f=50μm、d_f(n_x-n_y)=0nm、d_f{(n_x+n_y)/2-n_z}=130nmとした。

【0080】図16は、この液晶表示装置を実施例1と同様の手法で測定したコントラスト比5の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0081】（比較例4）本発明の実施例3に対応する比較例4について以下で説明する。

【0082】本比較例4では、実施例3と同様に、図4に示す液晶表示装置の構成のものを用いた。但し、本比較例4では、位相差補償素子を用いていない。

【0083】図17は、この液晶表示装置を実施例1と同様の手法で測定したコントラスト比5の等コントラスト・コンター曲線を示す図である。

【0084】上述した図15、図16及び図17を比較すれば、Φ=0°、90°、180°及び270°ではいずれもコントラスト5の等コントラスト線は概ねθ=60°と同一の値を示している。しかしながら、Φ=135°、315°でのコントラスト5の等コントラスト・コンター曲線は、比較例4の図17では概ねθ=38°、比較例3の図16では概ねθ=48°であるのに比して、実施例3の図15では概ねθ=55°である。

【0085】以上まとめると、比較例3、4及び実施例3では、Φ=0°、90°、180°及び270°での視野角特性は概ね同一かつ良好である。しかし、Φ=135°、315°では比較例4の液晶表示装置の視野角特性は劣っている。比較例3の液晶表示装置は、これに一定の改善が成された。更に実施例3では、これをほぼ完全に改善し、Φ=135°、315°の視野角特性をΦ=0°、90°、180°及び270°ほぼ等しい程度に拡大した。即ち、実施例3ではほぼ完全に等方的な、かつ良好な視野角特性が得られた。

【0086】本実施例では位相差補償素子を2枚の位相差フィルムによって構成したが、複数枚のフィルムあるいはフィルム以外のもの、例えば液晶セル、液晶性高分子膜等で構成してもよい。

【0087】（実施例4）ところで、上述した実施例3では、d_f(n_x-n_y)=25nm、d_f{(n_x+n_y)/2-n_z}=130nmなる2枚の位相差フィル

ムで液晶セルを挟んだ場合のみを示した。このとき、各々の位相差板はx軸を最隣接の偏光板の吸収軸に直交するように配置した場合のみの検討であった。

【0088】そこで、本実施例4では、 $d_f \{ (nx + ny) / 2 - nz \}$ の値、 $d_f (nx - ny)$ の値、及び偏光板の吸収軸と位相差板のx軸との成す角度について各々独立に変化させることで本発明の効果が創出される範囲を見積もった。ただし、本実施例4では、 nx 、 ny 、 nz のすべての値が異なる位相差フィルムを用いる代りに、 $nx = ny > nz$ の第1の位相差フィルムと、 $nx > ny = nz$ の第2の位相差フィルムとを、図10のように組み合わせた位相差補償素子を配置した。配置の仕方は、実施例2の場合と同様である。

【0089】ここで、この位相差補償素子を用いたのは、以下の2つの理由による。

(a) 本発明の効果が創出される範囲を容易、かつ詳細に調べることができるからである。

(b) 複数の位相差フィルムを組み合わせた位相差補償素子によっても本発明の効果が創出できることを示すためである。

【0090】 $[d_f (nx - nz)]$ の変化] 図10のような配置において、 $nx = ny > nz$ なる厚さ d_f の位相差フィルムの $d_f (nx - nz)$ 値を $20 \text{ nm} \sim 400 \text{ nm}$ まで変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta = 50^\circ$ 、 $\Phi = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、そして 315° である。

【0091】図18は、測定の結果を示す図である。

【0092】図18において、 $\Phi = 0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° では $d_f (nx - nz)$ 値によらずほぼ一定の良好なコントラスト値を示している。一方、 $\Phi = 45^\circ$ 、 135° 、 225° 、そして 315° では $d_f (nx - nz)$ の値がほぼ 150 nm のときに最大のコントラストが得られた。尚、図18に示した通り、前記最適値以外でも $20 \text{ nm} < d_f (nx - nz) < 300 \text{ nm}$ の範囲ではコントラスト向上の効果があり、更に $70 \text{ nm} < d_f (nx - nz) < 230 \text{ nm}$ の範囲ではその効果が顕著であった。

【0093】周知のように、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f (nx - ny)\}$ は、補償される液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値 (セル厚 d_{LC} と、用いた液晶の Δn ($= |n_e - n_o|$) との積) に対する相対値で議論すべきである。本実施例でもその考えを踏襲する。本実施例で用いた液晶 (メルク社製MS90847) の Δn は概ね 0.096 、セル厚は $4.5 \mu\text{m}$ であるから液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ は 432 nm である従って、本発明の効果が得られる範囲は位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f (nx - ny)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の $5\% \sim 69\%$ の間であり、著しい効果が得られるのは 16

$\% \sim 54\%$ であり、最大の効果が期待できるのは概ね 35% の場合である。

【0094】本実施例では、位相差補償素子を液晶セルの両側に配置した場合であり、片一方に配置した場合には前記の各値を各々略2倍すればよい。従って、本発明の効果が得られる範囲は位相差補償素子のリタレーション値 $\{= d_f (nx - ny)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の $10\% \sim 138\%$ の間であり、著しい効果が得られるのは $32\% \sim 108\%$ の間であり、最大の効果が期待できるのは概ね 70% となる。

【0095】 $[d_f (nx - ny)]$ の変化] 次に、図10の配置で、 $nx > ny = nz$ なる厚さ d_f の位相差フィルムA105及びA106の $d_f (nx - ny)$ 値を $3 \text{ nm} \sim 50 \text{ nm}$ まで変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。但し、位相差フィルムA103とA104は、 $d_f (nx - nz) = 150 \text{ nm}$ 。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta = 50^\circ$ 、 $\Phi = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、そして 315° である。

【0096】図19は、測定の結果を示す図である。

【0097】図19によれば、 $\Phi = 0^\circ$ 、 90° 、 180° 及び 270° では $d_f (nx - ny)$ 値によらずほぼ一定の良好なコントラスト値が得られている。一方、 $\Phi = 45^\circ$ 、 135° 、 225° 及び 315° では、 $\Phi = 45^\circ$ 、 225° と $\Phi = 135^\circ$ 、 315° では最大コントラストを与える $d_f (nx - ny)$ 値に大きな差がある。しかし、 $d_f (nx - ny)$ 値の変化に対する両組のコントラストの変化はブロードであり、両コントラストが一致したとき、即ち視野角特性がより同心円状になったとき (これもまた本発明の効果の一つである) でもコントラスト拡大の効果が十分に得られている。このときの $d_f (nx - ny)$ の値は 24 nm であり、このとき本発明の効果が最大であった。なお、図19に示した通り、最適値 24 nm 以外でも $3 \text{ nm} < d_f (nx - ny) < 48 \text{ nm}$ の範囲では本発明の効果があり、更に、 $12 \text{ nm} < d_f (nx - ny) < 36 \text{ nm}$ の範囲ではその効果が顕著であった。

【0098】ここで、位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f (nx - ny)\}$ を、補償される液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値 (この例の場合の $d_{LC} \cdot \Delta n = 432 \text{ nm}$) に対する相対値で議論する。本発明の効果が得られる範囲は位相差補償素子のリタレーション値 $\{d_f (nx - ny)\}$ が液晶セルの $d_{LC} \cdot \Delta n$ 値の $0\% \sim 12\%$ の間であり、著しい効果が得られるのは $2\% \sim 9\%$ の間であり、最大の効果が期待できるのは概ね 5.5% の場合である。

【0099】[上下位相差補償素子のx軸 (面内で最大屈折率を示す軸) の成す角度] 本発明では液晶セルの上下に配置した位相差補償素子の、x軸は概ね直交させて

ある。その理由は液晶表示素子を正面から見たときのコントラストの低下を避けるためである。2枚の位相差補償素子のx軸が直交していなければ、位相差補償素子全体で面内位相差が生じるため、良好な黒表示が得られず、コントラストが低下することは容易に推察できるからである。

【0100】[位相差補償素子の配置、x軸と偏光板の吸収軸の成す角度の変化] 前述した実施例3では、液晶セルの上下に配置した位相差補償素子のx軸（最大屈折率を示す軸）はそれに最隣接した偏光板の吸収軸に直交させてあった。本実施例4では、x軸と最隣接の偏光板の吸収軸との直交関係のずれと本発明の効果の関係を調べた。

【0101】具体的には、 $d_f(n_z - n_x) = 150 \text{ nm}$ 、 $n_y = n_x$ の条件を満たす位相差フィルムと、 $d_f(n_x - n_y) = 24 \text{ nm}$ 、 $n_z = n_y$ の条件を満たす位相差フィルムとの2枚の位相差フィルムを、図10のように積層した位相差補償素子のx軸（面内での最大屈折率に平行な軸）の直交関係を維持しつつ、位相差補償素子のx軸と最隣接の偏光板の吸収軸との成す角度 α （図13参照）を時計回りの回転を正として、 $0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ の範囲で変化させ、斜め方向のコントラスト特性を実施例1と同一の測定系で測定した。ここで、斜め方向とは視野角を定義した図22において、 $\theta = 50^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° そして 315° である。

【0102】図20は、測定結果を示す図である。

【0103】図20によれば、総ての ϕ に対して最大のコントラストを与える α の値は存在しない。しかし、視野角特性が対称に拡大できるのは $\alpha = 90^\circ$ 、即ち位相差補償素子のx軸が最隣接偏光板の吸収軸と直交する配置でのときである。従って、本発明の効果を最大限に得るためには $\alpha = 90^\circ$ 、即ち位相差補償素子の面内での最大屈折率を示す軸 n_x と、それに最隣接の偏光板の吸収軸とが直交するときである。また、図20によれば、 $45^\circ < \alpha < 135^\circ$ のとき、即ち前記本発明の効果の得られる配置から時計回り及び反時計回りに 45° ずれた場合でも、本発明の効果が得られることが解る。更には、 $67^\circ < \alpha < 113^\circ$ のとき、即ち前記本発明の最大効果の得られる配置から時計回り及び反時計回りに 23° ずれた場合では著しい効果が得られた。

【0104】上述した実施例1～4では、図6の構成の液晶セル、つまり液晶表示モードとして略連続的に配向が変化している（連続的に配向分割した）表示モードを用いたが、前述したように本発明の適用範囲は何らこれに限定されるものではない。

【0105】本実施例で略連続的に配向が変化している表示モードを用いたのは、本発明により偏光板の吸収軸から 45° ずれた方向での視野角特性を改善することで等方的な視野角特性が得られるからである。

【0106】図21に、2分割、4分割、連続分割の分割配向での、液晶表示装置を正面から見たときの、絵素内のダイレクター分布の一例を示す。(a-1)は2分割配向で白表示を行う場合、(a-2)は2分割配向で黒表示を行う場合、(b-1)は4分割配向で白表示を行う場合、(b-2)は4分割配向で黒表示を行う場合、(c-1)は連続配向で白表示を行う場合、(c-2)は連続配向で黒表示を行う場合である。これらの図中の破線は分割配向による各ドメイン境界を示している。また、図中の矢印は、図21(d)に示すように、液晶セルの中間層での液晶分子の起き上がり方向を矢先として液晶分子のダイレクターを示している。

【0107】この図21より理解されるように、連続的に配向が変化している（連続的に配向分割した）場合には、この境界線が無いのが特徴である。なお、図21において、分割無し、3分割、5分割、6分割、7分割・・・等も考えられる。また各々、様々なツイスト角度を取り得る。

【0108】また、本発明が表示モード（分割方法）によらないのは、図21の右列、つまり(a-2)、(b-2)、(c-2)に示した黒表示のダイレクター分布が端的に示している。即ち、黒表示では、分割方法によらずダイレクターは同一である。厳密には、液晶セル厚方向のプロファイルが異なる。Np型液晶の水平配向を用いた実施例3及び4の特性に比してNn型液晶の垂直配向を用いた実施例1及び2の特性が優れているのは、セル厚方向のプロファイルの違いに起因している。このプロファイルの違いを具体的に以下に説明する。

【0109】Nn型液晶を用いた場合には、黒表示時において、セル厚方向のいずれの位置に置いても（上下基板付近およびセル厚の中央付近のいずれにおいても）、液晶分子はその分子長軸を基板表面に対して垂直に配向している。これに対し、Np型液晶を用いた場合には、黒表示時において、セル厚の中央付近の液晶分子はその分子長軸を基板表面に対して垂直に配向しているが、上下基板に近づくにつれて、垂直からずれ基板表面に対して略平行に配向する。上記のプロファイルの違いは、この配向状態の違いを言う。この配向状態の違い起因して、Nn型液晶を用いた液晶セルはNp型液晶を用いた液晶セルに比較して、図2に示した屈折率楕円体で代表される理想的な屈折率異方性を呈するため、実施例1および2の液晶表示装置の視野角特性は、実施例3および4の視野角特性よりも優れる。

【0110】本発明の効果の本質は、黒表示状態での光漏れを押さえる点にあり、表示モード（分割方法）に依存しないのは必然である。即ち、液晶セル表面に概ね平行な平面内の局所的な屈折率異方性の値が白表示時よりも黒表示時の方が小さくなる液晶セルであれば、如何なる表示モードを用いた液晶セルを使用してもよい。

【0111】本発明の実施例では液晶表示装置の駆動方

法については何ら言及していないが、本発明はパッシブ・マトリックス駆動、薄膜トランジスタ等を用いたアクティブ・マトリックス駆動、プラズマ放電を用いたプラズマ・アドレス駆動(PALC)等、如何なる駆動方式にも適応できることは言うまでもない。

【0112】

【発明の効果】以上詳述したように本発明による場合には、吸収軸からのずれに伴う視野角特性の悪化を解消し、概ね軸対称の視野角特性を有する液晶表示装置を提供することが可能であるため、視野角を著しく拡大でき、かつ同特性が全方位にわたって略等方的であるようにすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明で用いる位相差補償素子の屈折率に関する条件を説明する模式図(斜視図)である。

【図2】本発明の適応できる液晶セルにおける、4つ以上に配向分割した黒表示時の屈折率異方性に関する近似を示す斜視図である。

【図3】本発明の適応できる液晶セルにおける、2つに配向分割した黒表示時の屈折率異方性を各ドメイン毎の近似を示す斜視図である。

【図4】本発明の実施例1、3における液晶表示装置の構成例を示す分解斜視図である。

【図5A】上下偏光板の吸収軸を二等分する方向に沿った、視野角変化による光漏れを説明する図である。

【図5B】周知の技術による、上下偏光板の吸収軸を二等分する方向に沿った、視野角変化による光漏れ低減効果を説明する図である。

【図5C】本発明の技術による、上下偏光板の吸収軸を二等分する方向に沿った、視野角変化による光漏れ低減効果を説明する図である。

【図6】(a)は本発明の液晶表示装置に適用可能な液晶セルの構成例を示す断面図、(b)はその平面図である。

【図7】本発明の実施例1による場合の視野角特性を示す図である。

【図8】比較例1での視野角特性を示す図である。

【図9】比較例2での視野角特性を示す図である。

【図10】本発明の実施例2、4における液晶表示装置の構造例を示す分解斜視図である。

【図11】本発明の実施例2における、コントラスト比の $d_f(n_x - n_z)$ 依存性を示す図である。

【図12】本発明の実施例2における、コントラスト比の $d_f(n_x - n_y)$ 依存特性を示す図である。

【図13】本発明の実施例2において、位相差補償素子のx軸と偏光板の吸収軸との配置を規定する角度 α を定義する図である。

【図14】本発明の実施例2における、コントラスト比の α 依存特性を示す図である。

【図15】本発明の実施例3による場合の視野角特性を

示す図である。

【図16】比較例3での視野角特性を示す図である。

【図17】比較例4での視野角特性を示す図である。

【図18】本発明の実施例4における、コントラスト比の $d_f(n_x - n_z)$ 依存性を示す図である。

【図19】本発明の実施例4における、コントラスト比の $d_f(n_x - n_y)$ 依存特性を示す図である。

【図20】本発明の実施例4における、コントラスト比の α 依存特性を示す図である。

【図21】本発明の液晶表示装置に適用される液晶セルの構成各種を説明する図及び液晶セルにおける液晶分子の配向方向の定義を示す図である。

【図22】本発明における視野角の定義を説明する斜視図である。

【図23】従来の配向分割による広視野角表示モードでの代表的な視野角特性(等コントラスト・コンター曲線)と、本発明による改善効果とを示す概念図である。

【符号の説明】

- 101 下偏光板
- 102 上偏光板
- 103 下位相差補償素子
- 104 上位相差補償素子
- 105 液晶セル
- 106 下偏光板の吸収軸
- 107 上偏光板の吸収軸
- 108 下位相差補償素子のx軸(最大屈折率を示す軸)
- 109 上位相差補償素子のx軸(最大屈折率を示す軸)
- 201 液晶セル
- 202 上偏光板の吸収軸
- 203 下偏光板の吸収軸
- 204 視野角を定義するための、液晶表示装置に平行な仮想平面
- 205 視野角(観測者の視線)
- 301 等コントラスト・コンター曲線
- 302 等コントラスト・コンター曲線
- 401 位相差補償素子
- 402 位相差補償素子における屈折率楕円体
- 501 下基板
- 502 上基板
- 503 黒表示時の液晶層の屈折率異方性を示す屈折率楕円体
- 521 下基板
- 522 上基板
- 523 ドメインA
- 524 ドメインB
- 525 ドメインAの液晶層の屈折率異方性を示す屈折率楕円体
- 526 ドメインBの液晶層の屈折率異方性を示す屈折

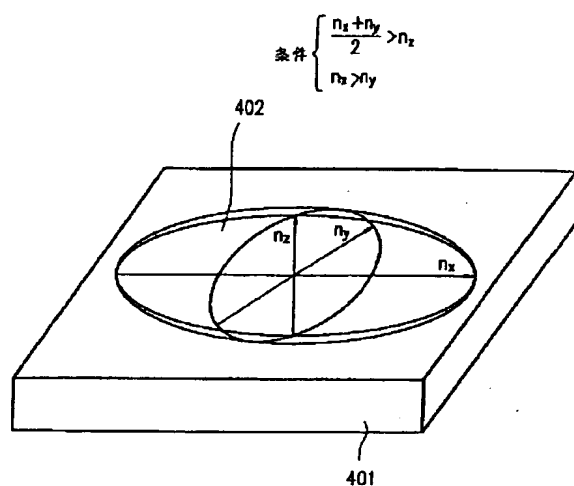
率楕円体

- A 1 0 1 下偏光板
 A 1 0 2 上偏光板
 A 1 0 3 第 1 の下位相差フィルム
 A 1 0 4 第 1 の上位相差フィルム
 A 1 0 5 第 2 の下位相差フィルム
 A 1 0 6 第 2 の上位相差フィルム
 A 1 0 7 液晶セル
 A 1 0 8 下偏光板の吸収軸
 A 1 0 9 上偏光板の吸収軸
 A 1 1 0 第 2 の下位相差フィルムの x 軸 (最大屈折率

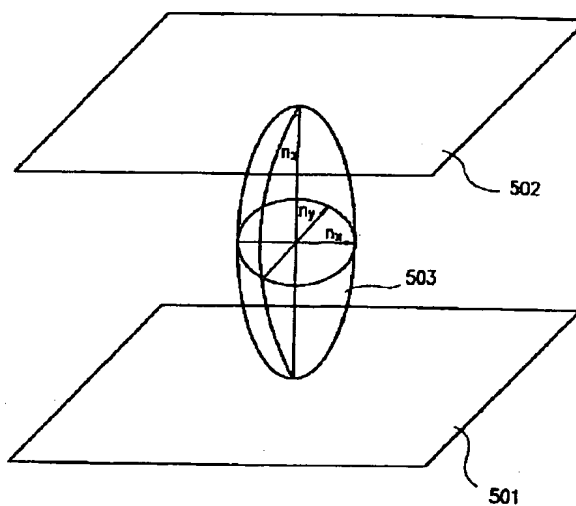
を示す軸)

- A 1 1 1 第 2 の上位相差フィルムの x 軸 (最大屈折率
 を示す軸)
 A 4 0 1 液晶表示装置を正面から見たときの光源側偏
 光板の吸収軸
 A 4 0 2 液晶表示装置を正面から見たときの観測者側
 偏光板の吸収軸
 A 4 0 3 液晶表示装置を正面から見たときの光源側位
 相差補償素子の x 軸
 10 A 4 0 4 液晶表示装置を正面から見たときの観測者側
 位相差補償素子の x 軸

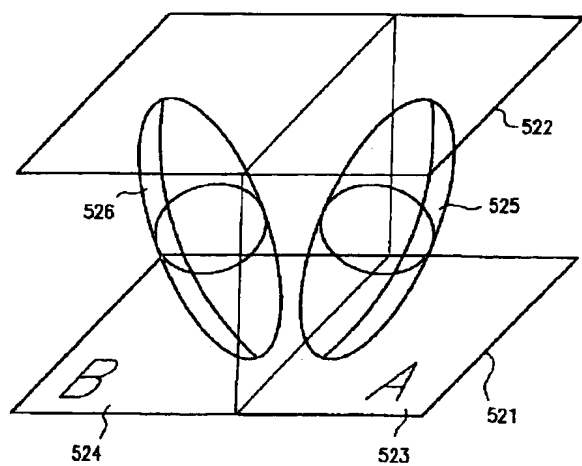
【図 1】



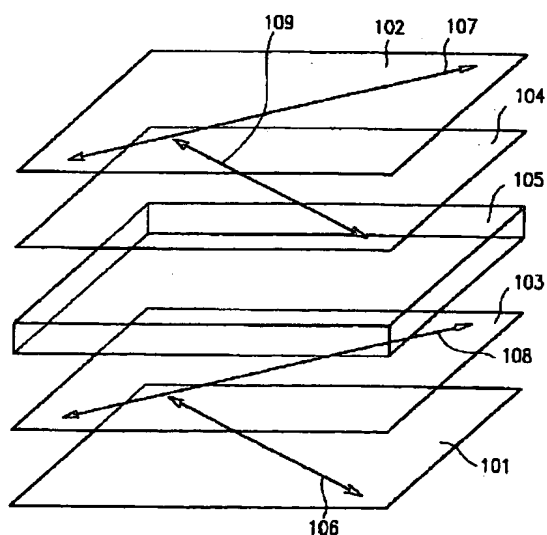
【図 2】



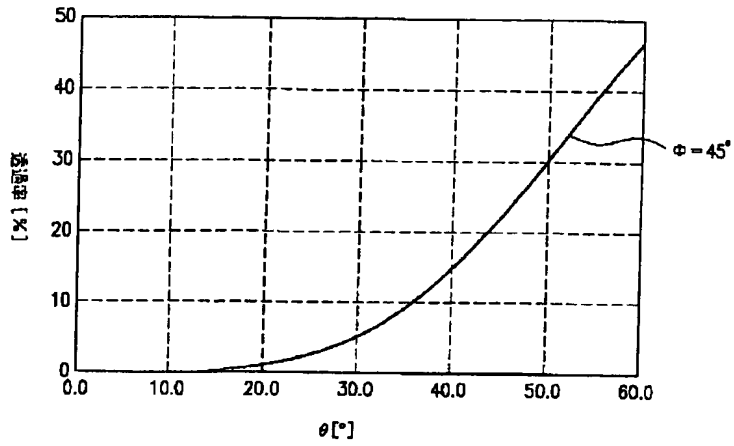
【図 3】



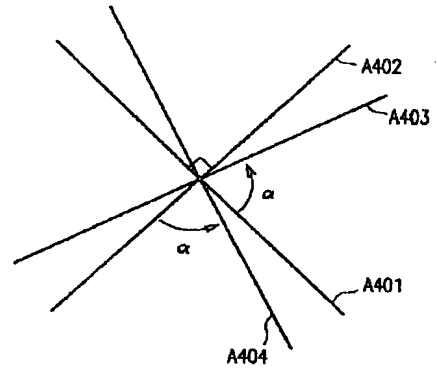
【図 4】



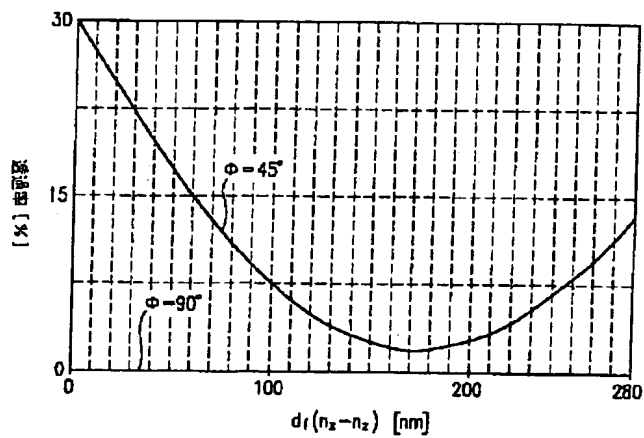
【図5A】



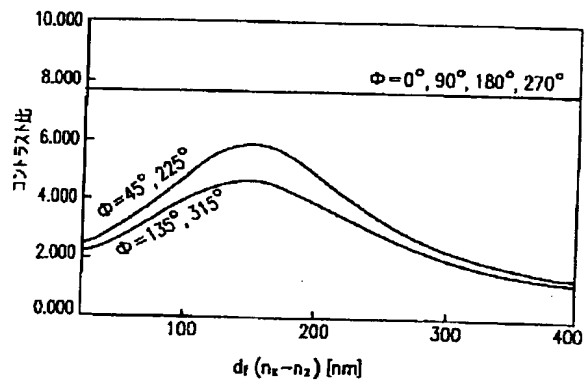
【図13】



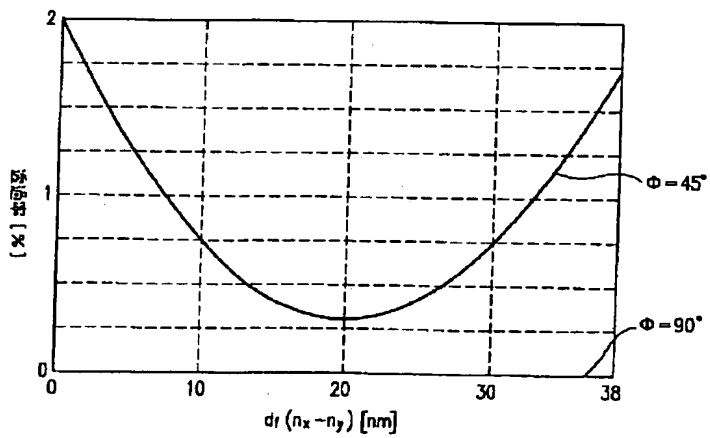
【図5B】



【図18】

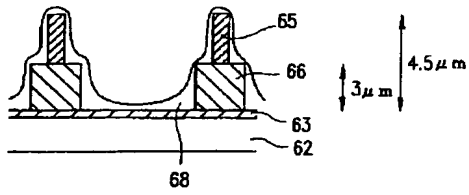


【図5C】

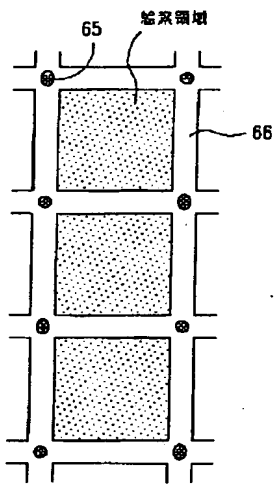


【図 6】

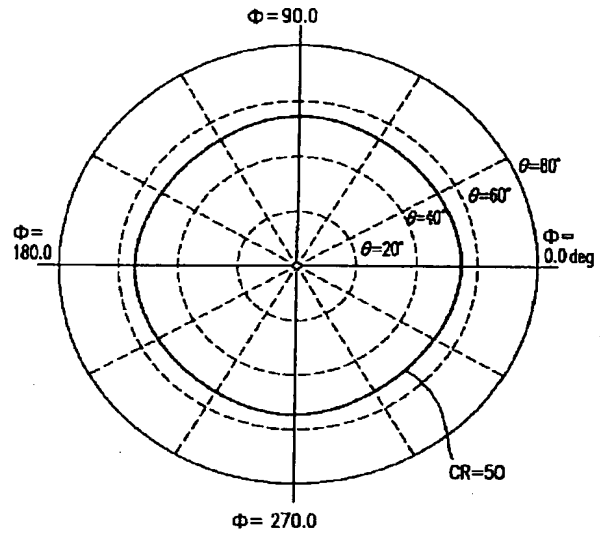
(a)



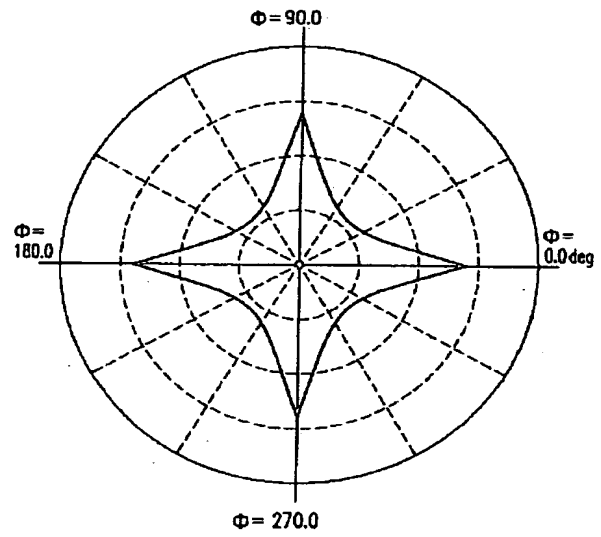
(b)



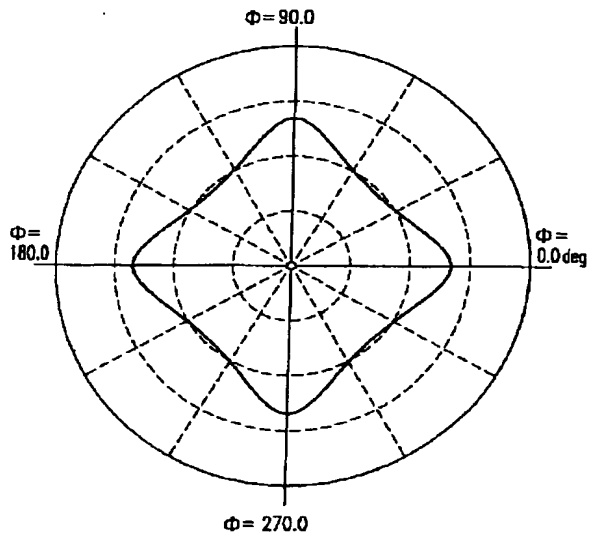
【図 7】



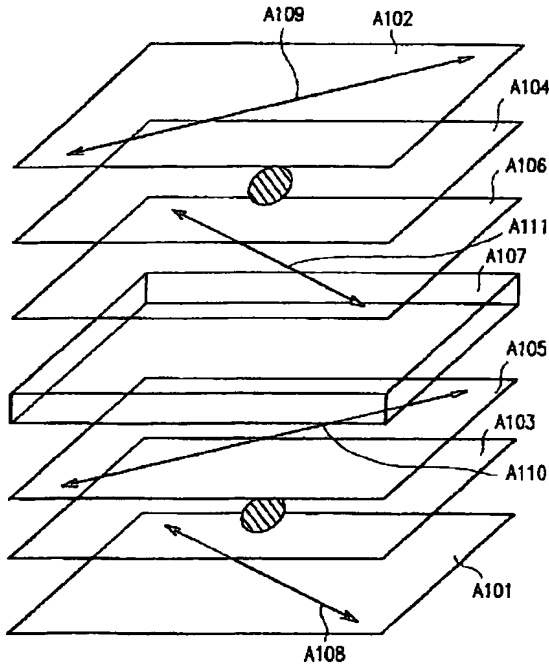
【図 9】



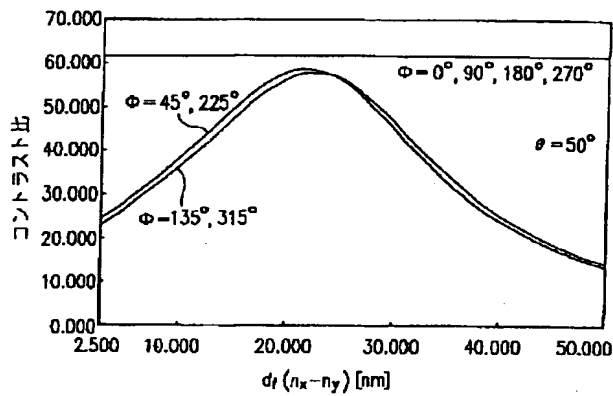
【図 8】



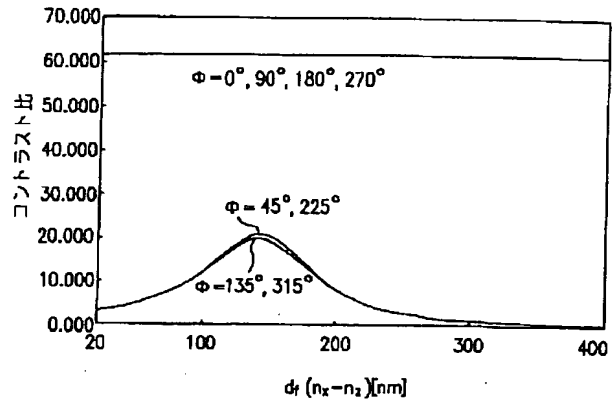
【図 10】



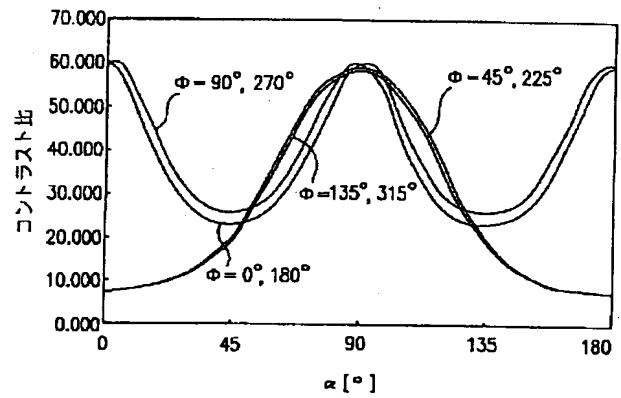
【図 12】



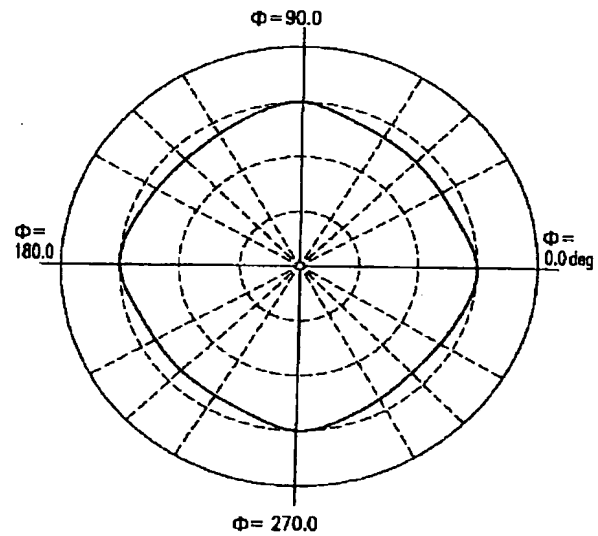
【図 11】



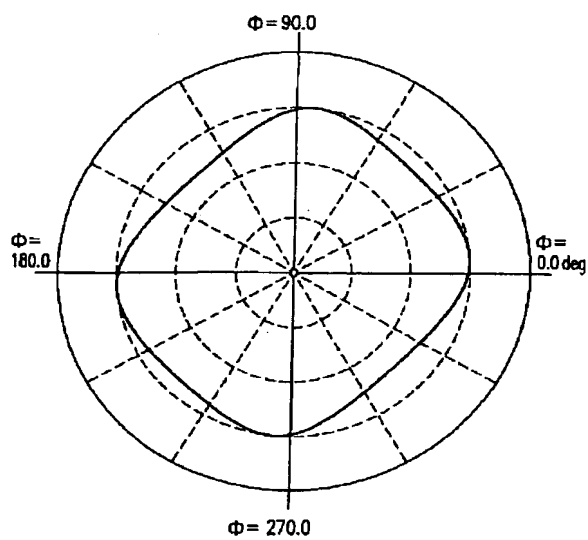
【図 14】



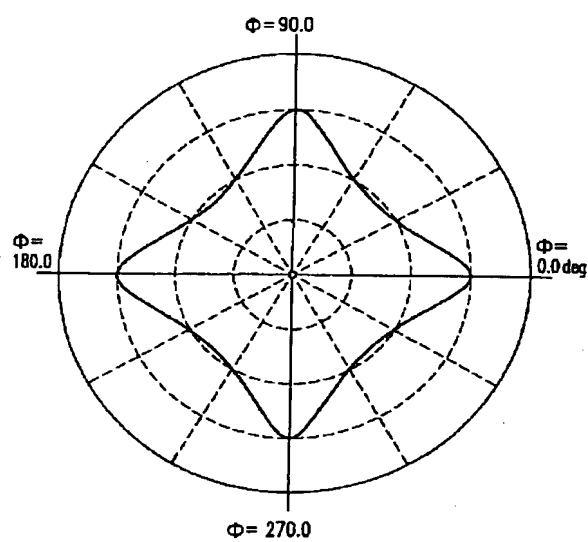
【図 15】



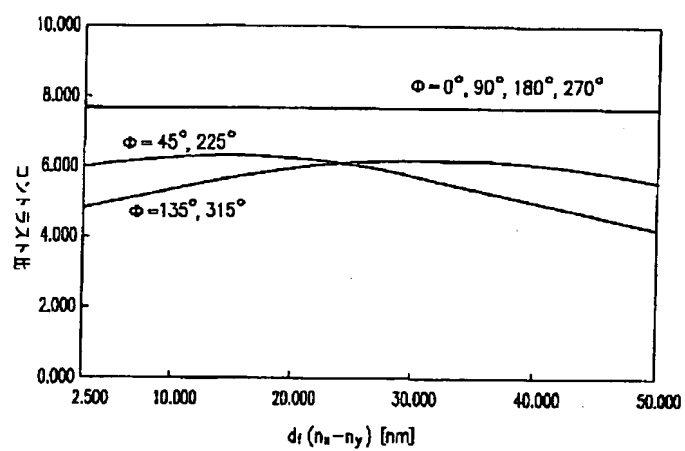
【図 16】



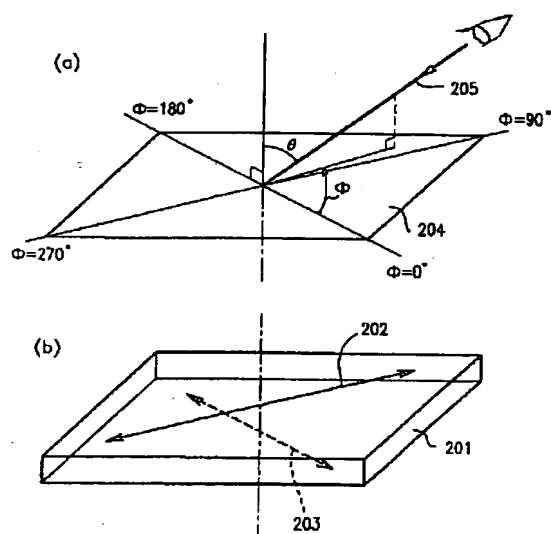
【図 17】



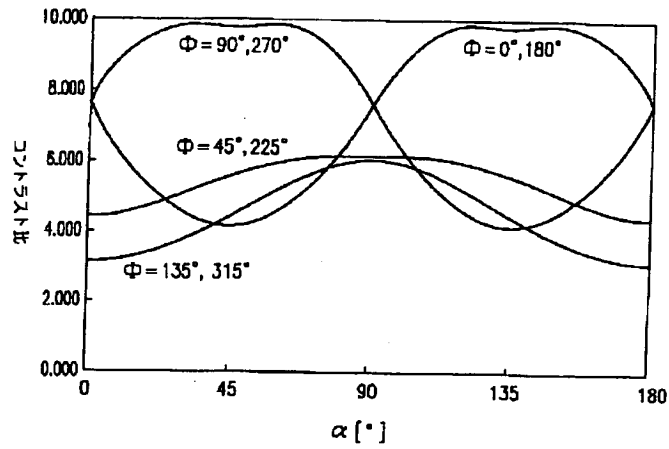
【図 19】



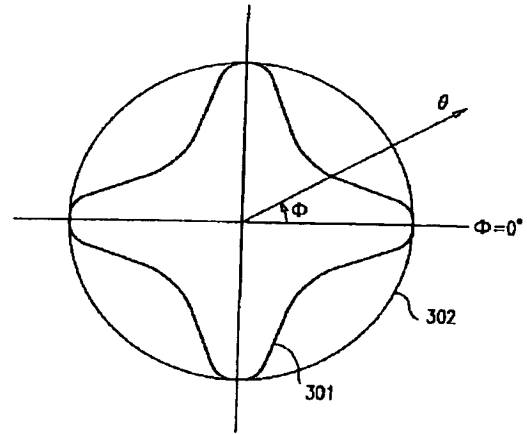
【図 22】



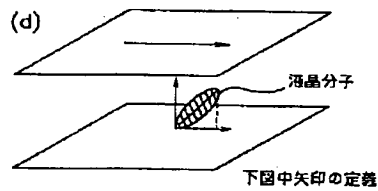
【図 20】



【図 23】



【図 21】



2分割配向	(a-1)	(a-2)
	液晶分子は分割ドメインの境界を示す	
4分割配向	(b-1)	(b-2)
連続配向	(c-1)	(c-2)
表示	白 ((d) に示す液晶分子が寝ているとき)	黒 ((d) に示す液晶分子が立っているとき)
印加電圧	低電圧 or 零	高電圧
	高電圧	低電圧 or 零

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-133413

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl. G02F 1/1335
G02B 5/30

(21)Application number : 10-244178

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 28.08.1998

(72)Inventor : SHIMOSHIKIRIYOU BUNICHI
TERASHITA SHINICHI
KANZAKI SHUICHI

(30)Priority

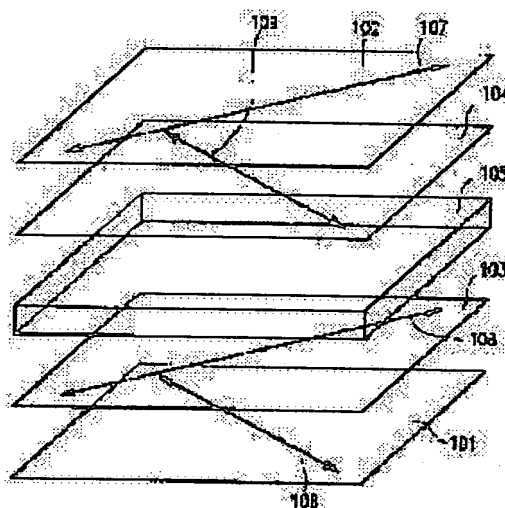
Priority number : 09235136 Priority date : 29.08.1997 Priority country : JP

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a view angle characteristic by making a value of local refractive index anisotropy in a plane parallel to a liquid crystal cell surface at a black displaying time smaller than that at a white displaying time, making a phase difference compensation element show the refractive index anisotropy and specifying refractive indexes in the directions along respective main axes of an orthogonal frame of reference.

SOLUTION: The phase difference compensation elements 103, 104 are provided between polarizing plates 101, 102 holding a liquid crystal cell 105 between them and arranged in orthogonal Nicol and the liquid crystal cell 105. Then, the value of the local refractive index anisotropy in the plane parallel to the liquid crystal cell 105 surface at the black displaying time is made smaller than that at the white displaying time. Further, the phase difference compensation elements 103, 104 show the refractive index anisotropy, and when the refractive indexes along respective main axes of the orthogonal frame of reference are defined $n_x > n_z$, and the main axis (z) is paralleled to the normal of the liquid crystal cell surface, and the main axes (x), (y) exist in the plane parallel to the liquid crystal cell surface, $n_z < (n_x + n_y)/2$, and $n_x > n_y$. Thus, the deterioration in the view angle characteristic due to deviation from absorption axes is prevented, and an axial symmetry characteristic is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than .

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office